

Produktwissensmanagement in erweiterten Unternehmen

Ein ontologisches Integrationskonzept

D i s s e r t a t i o n
zur Erlangung des Grades
eines Doktor-Ingenieurs

vorgelegt von
Carsten Düsing
aus Nieheim/Westfalen

genehmigt von der
Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen
der Technischen Universität Clausthal

Tag der mündlichen Prüfung
14.12.2004

Vorsitzender der Promotionskommission
Hauptberichterstatter
Berichterstattein / Berichterstatter

Prof. Dr.-Ing. R. Scholz
Prof. Dr.-Ing. P. Dietz
Prof. Dr.-Ing. habil. G. Höhne

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung und Zielsetzung der Arbeit	1
1.1 Motivation	1
1.2 Einführung in den Einsatz von Wissensmanagement	3
1.2.1 Wissenskapital als Unternehmenspotenzial	3
1.2.2 Einsatz von Wissensmanagement in fertigenden Unternehmen	6
1.3 Zielsetzung und Inhalt	12
2 Grundlegende Methodiken und Definitionen	15
2.1 Methodisches Konstruieren nach VDI 2221	16
2.2 Systems Engineering	20
2.2.1 Grunddefinitionen	20
2.2.2 Die Systems Engineering Vorgehensweise	23
2.2.3 Vergleich mit der Richtlinie VDI 2221	29
2.3 Wissensmanagement	31
2.4 Kriterien an ein übergreifendes Wissensmanagementkonzept	35
3 Wissensmanagementontologie	41
3.1 Produktwissensdefinitionen und Begriffsbestimmungen	44
3.1.1 Definitionen	44
3.1.2 Beispiel: Wissen, Daten, Informationen	48
3.2 Das Produktwissensmetamodell	51
4 Wissensmanagementmodell	55
4.1 Geschäftsprozessmodell	57
4.2 Rollen und Wissensmanagementaktivitäten	61
4.2.1 Hauptwissensmanager	63
4.2.2 Wissensmanager	67
4.2.3 Wissensingenieur	72
4.2.4 Experte	82
4.2.5 Benutzer	86
4.3 Produktengineeringaktivitäten	94
5 Produktbeschreibungsmodell	105

5.1 Spezifikationselemente	107
5.2 Unterstützungsinformationen	114
5.3 Integration anderer Produktspezifikationen	122
6 Relevante Aspekte des erweiterten Unternehmens im Modell	125
6.1 Unternehmensstruktur.....	126
6.2 Grundlegendes Konstrukt zum Schutz geistigen Eigentums.....	129
7 Anwendung und Validierung	133
7.1 Hintergrund zum erweiterten Unternehmen MCC AG	134
7.2 Einführung und Umsetzung des Konzeptes	136
7.2.1 Definition des erweiterten Unternehmens und der Rollen	138
7.2.2 Konzepterstellung und Festlegung strategischer Prioritäten	140
7.3 Administration	143
7.4 Erfassung.....	147
7.5 Formalisierung	153
7.6 Benutzung.....	155
7.6.1 Problemanalyse und –formulierung	156
7.6.2 Synthese	157
7.6.3 Analyse.....	159
7.6.4 Beurteilung und Entscheidung.....	161
7.7 Aspekte der Anwendung in der Konstruktion	165
7.8 Validierung des Konzeptes	167
7.8.1 Wissensmanagementmodell	167
7.8.2 Produktbeschreibungsmodell	172
8 Zusammenfassung	175
A. Literatur	179
B. Liste der Abkürzungen.....	185
C. Abbildungsverzeichnis.....	187
D. UML Kurzreferenz am Beispiel.....	191
E. Abbildungen des Prototypen	195

Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit gliedert sich konzeptionell in: Einführung und grundlegende Konzepte, Beschreibung der entwickelten Methodik sowie Anwendung und Zusammenfassung. In den ersten beiden Kapiteln wird eine Einführung in den Gesamtkontext gegeben. Der aktuelle Stand der Technik sowie grundlegende Methodiken werden beschrieben. In den Kapiteln drei bis sechs wird die entwickelte Wissensmanagementmethodik in erweiterten Unternehmen vorgestellt, definiert und beschrieben. In den Kapiteln sieben und acht wird die Methodik an expliziten Beispielen erläutert, die Ergebnisse der Arbeit werden zusammengefasst. Die Arbeit endet mit Referenzen zur Literatur, Abbildungen, Abkürzungen und verwendeten UML Symbolen.

Die Arbeit enthält folgende Kapitel:

Kapitel 1: *Einführung und Zielsetzung der Arbeit* gibt eine Motivation für den unternehmensweiten Einsatz von Wissensmanagementkonzepten. Es wird die Bedeutung von Wissen als Kapital eines Unternehmens hervorgehoben und wesentliche Aspekte bei Einführung und Einsatz von Wissensmanagement in Unternehmen beschrieben. Abschließend werden die Ziele der Arbeit festgelegt.

Kapitel 2: *Grundlegende Methodiken und Definitionen* gibt einen Überblick über den Stand der Technik in den drei zur Anwendung kommenden Methodiken: Methodisches Konstruieren nach VDI 2221, Systems Engineering und Wissensmanagement.

Kapitel 3: *Wissensmanagementontologie* gibt einen Überblick über die entwickelte Methodik durch eine Beschreibung der Grundlagen als so genannte Wissensmanagementpyramide. Als oberste Schicht der Pyramide werden hier Definitionen für alle Kernbegriffe des Ansatzes festgelegt. Das daraus entwickelte Produktwissensmetamodell (Schicht 2) verknüpft die Aspekte Wissensmanagement, Produktspezifikation und erweitertes Unternehmen über Schlüsselobjekte, welche sich in der unteren Schicht 3 der Pyramide befinden.

Kapitel 4: *Wissensmanagementmodell* beinhaltet die Spezifikation des Wissensmanagementansatzes durch ein entsprechend definiertes Partialmodell. Dieses Modell wird formal in UML festgelegt und die Objekte des Modells werden textuell definiert. Die Inhalte des Modells werden erläutert.

Kapitel 5: *Produktbeschreibungsmodell* spezifiziert das Partialmodell zur Festlegung der Produktspezifikation. Dieses Modell wurde von einem existierenden, STEP-basierenden Standard abgeleitet und auf die speziellen Anforderungen in dem festgelegten Kontext angepasst.

Kapitel 6: *Relevante Aspekte des erweiterten Unternehmens im Modell* erläutert das entwickelte Modell des erweiterten Unternehmens. Hierbei werden insbeson-

dere die Abbildung der Struktur eines solchen Konsortiums, sowie der Schutz geistigen Eigentums behandelt.

Kapitel 7: *Anwendung und Beispiele* stellt die entwickelte Methodik in einen realistischen Kontext und weist an Beispielen aus der Konstruktion die explizite Anwendbarkeit und den Nutzen nach. Dieses demonstriert den integrativen Charakter der Methodik, welches es ermöglicht die Wissensmanagementaktivitäten direkt in die Geschäftsprozesse einzubinden und aus deren Ausführung Wissen in die Wissensbasis des Unternehmens zurückfließen zu lassen, um das Unternehmenswissen zu vermehren.

Kapitel 8: *Zusammenfassung* rekapituliert die entwickelte Methodik auf Grundlage des Bedarfs, welcher zu Beginn der Arbeit ermittelt wurde. Die nachgewiesenen Vorteile des Ansatzes werden herausgestellt, insbesondere die Möglichkeiten der unternehmensweiten Integration und die explizite Unterstützung von Konstruktionsprozessen.

Anhang: Referenziert die verwendete Literatur, die Abbildungen sowie die verwendeten Abkürzungen und UML Syntax.

1 Einführung und Zielsetzung der Arbeit

1.1 Motivation

Die Entwicklung von Produkten ist seit jeher in Organisationsstrukturen durchgeführt worden, die von einem „Ein-Mann-Betrieb“ bis hin zu Großkonzernen ausgeprägt sind. Um die Faktoren Qualität, Zeit und Kosten zu optimieren reicht es jedoch nicht mehr aus, nur in unternehmensweiten Strukturen zu denken, sondern diese Strukturen zu verlassen und ein erweitertes Unternehmen zu schaffen. Diese erweiterten Unternehmen binden demzufolge auch die Zulieferer, Verkäufer oder zum Beispiel auch Kunden, respektive deren Wissen, direkt in den Produktentstehungsprozess mit ein.

Der Zusammenhang zwischen der Erweiterung der Organisationsstrukturen und der verstärkten Einbindung des Wissenspotenzials der Mitglieder eines solchen Unternehmens stellt eine konsequente Fortführung der historischen Entwicklung von Produkt-herstellenden Organisationen dar.

Schon im späten neunzehnten Jahrhundert entwickelte Max Weber (1864-1920) das erste formale Modell einer Unternehmensstruktur, das heutzutage als das Bürokratische Modell bekannt ist [Kies 1999]. Das Grundwesen dieses Modells lag in einer hierarchischen Struktur, klarer Arbeitsaufteilung sowie eindeutig definierten Regeln und Prozessorientierung. Die enorme Expansion und Entstehung von Großkonzernen in den frühen zwanziger Jahren führte zu verstärkten Forschungsaktivitäten in den Bereichen Management- und Organisationstheorien. Das Wissen und die Informationen über ein Produkt wurden dabei immer strikt in den Reihen des mittleren und gehobenen Managements gehalten. Der ökonomische Fortschritt war dabei immer relativ stabil und bis in die siebziger Jahre auch recht gut vorhersagbar. In dieser post-bürokratischen Ära wurde allmählich der Verantwortungsbereich und der Einfluss der Arbeiterschicht in Bezug auf die Schaffung eines Produktes verstärkt.

Die weitere Entwicklung der Unternehmensorganisation in den letzten Jahrzehnten des zweiten Jahrtausends bis heute basiert im Wesentlichen auf zwei Faktoren. Die zunehmende Abhängigkeit der Produktentwicklung von den Arbeitern in den Wirtschaftsländern, deren wachsender Ausbildungsgrad auch nach mehr Eigenverantwortung und Einbindung in ihre Arbeit verlangt, ist einer dieser Faktoren. Andererseits steht der immer stärker zunehmende technologische Fortschritt insbesondere im Bereich der Informations- und Telekommunikationstechnologien. Durch die Erweiterung von Netzwerken, „Verkürzung“ von Distanzen und der exponentiellen Steigerung von Abhängigkeiten und Verflechtungen jeder Art steigen in Konsequenz aber auch die Freiheitsgrade von Unsicherheiten und die Komplexität von Systemen. Diese Systeme sind auf der einen Seite die Unternehmen, auf

der anderen Seite aber auch die Produkte, welche sie herstellen. Als logische Folgerung muss es nun darum gehen, diese Faktoren des technologischen Potenzials sowie des Potenzials, welches aus dem Wissen der Mitarbeiter eines Unternehmens geschöpft werden kann, in geeigneter Weise zu koppeln und daraus einen maximalen Wettbewerbsvorteil gegenüber den Konkurrenten zu entwickeln.

Auf der Grundlage dieser Idee wuchs in den frühen neunziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts die Methode und Anwendung des Wissensmanagements (engl. Knowledge Management, KM). Die Anwendung von Wissensmanagement und deren erhofften Resultate für die Unternehmen stecken immer noch in den Kinderschuhen. Dies wird auch deutlich an den facettenreichen Interpretationen und Gebräuchen der Begriffe Wissen, beziehungsweise Wissensmanagement. Das englischsprachliche Analogon Knowledge Management wird zum Beispiel oft fälschlicherweise mit dem feststehenden Begriff des Knowledge Engineering (KE) verwechselt. In der industriellen Anwendung bedeutet dies aber in der Regel nichts anderes als Dokumentenmanagement mit erweiterten Funktionalitäten [Heim 2000]. Dies zeigt somit, dass es von essentieller Bedeutung ist, die Begrifflichkeiten innerhalb der Domäne des Wissensmanagement immer exakt zu definieren und zu benutzen. Die Implementierung von Wissensmanagement wie es hier definiert wird, bedeutet immer eine Herausforderung für ein Unternehmen, denn es bringt eine Veränderung der unternehmensspezifischen Strukturen und Philosophien mit sich. Michael Hammer hat dies als Geschäftsprozessentwicklung (engl. Business Process Reengineering, BPR) bezeichnet und als „die fundamentale Überarbeitung und radikale Neustrukturierung der Geschäftsprozesse um dramatische Verbesserungen in kritischen, aktuellen Leistungsfaktoren zu erreichen“ [HaCh 1993] definiert.

Die konsequente Fortführung dieser Entwicklung wird zu einem vollständig wissensbasierten Unternehmen führen. [BeBe 2001] prognostizieren dieses „intelligente, komplexe, adaptive System“ für das Jahr 2020. Ein solches wissensbasiertes Unternehmen wird sich gegenüber seinen Mitbewerbern durchsetzen. Die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens wird sich durch drei Hauptfaktoren erweisen: Lernen, Wissen und Organisationsintelligenz.

Die zeitliche Einschätzung dieser Vorhersage mag nicht zutreffen, der Inhalt jedoch sicher. Die Herausforderung wird es sein, den Wandel unternehmerischer Strukturen und die Anwendung spezieller Wissensmanagementlösungen zu unterstützen und zu propagieren. Die Unternehmen werden die Flexibilität zur Wandlung zeigen müssen, ebenso wie die jetzigen Konstrukteure, die sich vermehrt den Aufgaben der Wissensbereitstellung und –benutzung zur Entwicklung von Produkten stellen werden müssen.

1.2 Einführung in den Einsatz von Wissensmanagement

1.2.1 Wissenskapital als Unternehmenspotenzial

Der Einsatz von Wissensmanagementsystemen insbesondere in großen, fertigen Unternehmen ist seit Mitte des letzten Jahrzehnts immer häufiger ein zentraler Ansatz, um die Qualität eines Produktes zu steigern und gleichzeitig die Kosten zu senken. Um das Potenzial möglicher Wissensmanagementlösungen im Einsatz abschätzen zu können, ist es von Bedeutung, das Produktwissen den resultierenden Kosten über den gesamten Produktlebenszyklus gegenüberzustellen. In den frühen Lebensphasen eines Produktes, das heisst den eigentlichen Produktentwicklungsphasen bis hin zur Fertigung sind vor allen Dingen Ingenieure und Konstrukteure aller Fachgebiete beteiligt, welche bis zu 85 % des gesamten Wissens über ein Produkt in sich vereinen (siehe auch **Bild 1.1**). Nach [Gebh 1996] sind bis zu diesem Zeitpunkt auch bis zu 80 % aller Kosten für dieses Produkt determiniert.

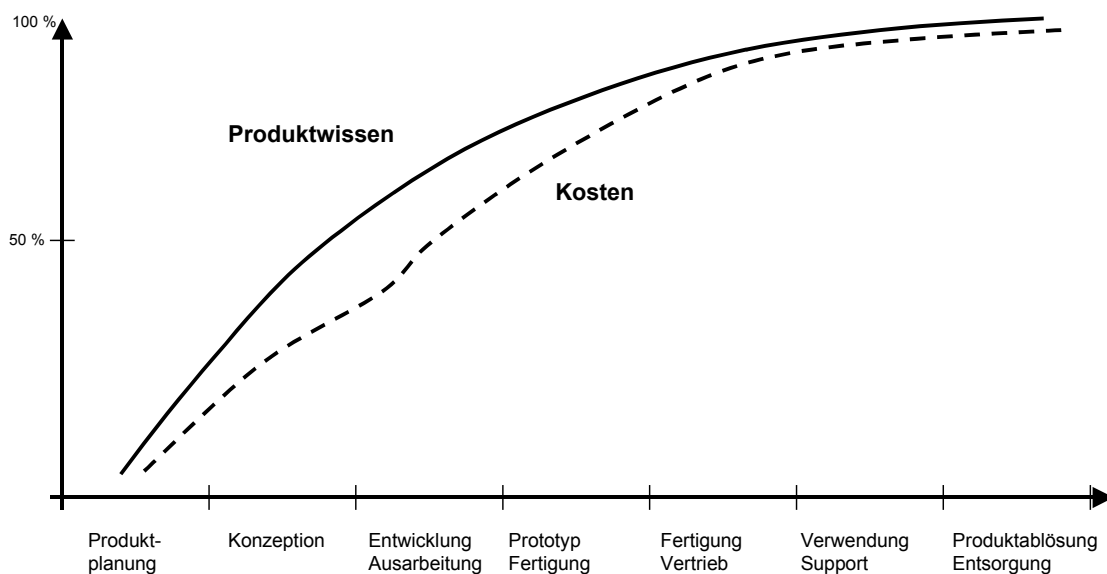


Bild 1.1: Produktwissen und determinierte Kosten in Abhängigkeit vom Produktlebenszyklus (nach [DiPO 1997])

Gerade in fertigen Unternehmen sind jedoch weit mehr Personen im Umgang mit den Produkten eingebunden als die reinen Produktentwicklungsabteilungen. Diese Personen agieren entweder in den verschiedenen Abteilungen oder über die Grenzen der Firma hinaus, in Kooperation mit anderen Unternehmen [Bo-

Gu 1996]. Für ein den gesamten Produktlebenszyklus umfassendes Wissensmanagement sollte jedoch auch der Kunde oder der spätere Recycler des Produkts eingebunden werden. Während der Betrag des Wissens in der Planungs- und Entwicklungsphase stark zunimmt, ist der Anstieg in den weiteren Phasen weniger stark, beträgt in der Regel jedoch noch immer bis zu 50 % des gesamten Produktwissens. Die determinierten Kosten eines Produktes verlaufen ähnlich und nähern sich dem Wissen gegen Ende des Produktlebenszyklus asymptotisch an.

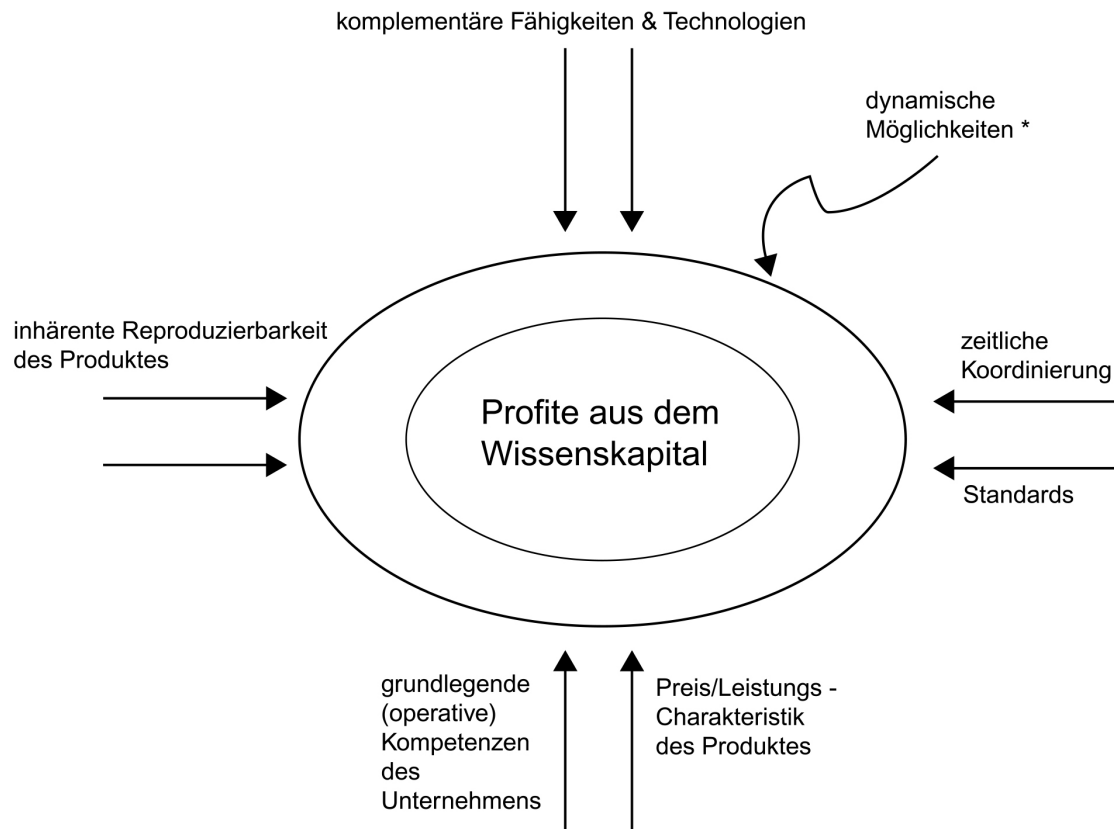
Aus dem Verlauf des Graphen in **Bild 1.1** ergibt sich somit folgerichtig, dass der Einfluss von Produktwissen aus späteren Produktlebenszyklusphasen insbesondere in der Entwicklung neuer und Nachfolgeprodukte von Bedeutung ist. Denn dadurch kann durch Verwendung von existierendem Wissen zum einen die Entwicklungszeit verkürzt werden, zum anderen wird die Qualität des Produktes verbessert. Durch die gesteigerte Qualität ist gerade in den Betriebs- und Wartungsphasen mit erheblichen Einsparungen zu rechnen, da weniger Rückläufer und Beanstandungen zu erwarten sind.

Bei konsequenter Anwendung von Wissensmanagement im Unternehmen würde ein gewisser Anteil des Wissens der Mitarbeiter, die sich mit dem Produkt beschäftigen, ebenso wie das der Benutzer, Verkäufer und Kunden erfasst, verwaltet und in einer „Wissensdatenbank“ oder einem „Wissenscontainer“ abgelegt werden. Es ist logisch nicht möglich, das gesamte Produktwissen aller an einem Produkt beteiligten Personen zu erfassen, da die Granularität des Wissens und somit in Folge der Erfassungs- und Verwaltungsaufwand unendlich hoch ist. Somit wird der Anteil des erfassten Wissens immer nur ein Bruchteil desjenigen Wissens über ein bestimmtes Produkt sein, welches sich in den Köpfen der Personen befindet.

Das Wissenspotenzial eines Unternehmens setzt sich also aus dem Expertenwissen der Personen sowie dem in dem Wissenscontainer befindlichen Wissen zusammen. Der Anteil des für die Produktentwicklung relevanten Wissens innerhalb eines Wissenscontainers am Gesamtwissen eines Unternehmens kann in Abhängigkeit von Größe, Struktur oder Domäne des Unternehmens in praxi bis hin zu einigen Zehner Prozent, eventuell sogar bis über 50% betragen. Dieses Wissen ist dann ein wesentlicher Baustein des Unternehmenskapitals, auf dem die Geschäfte des Unternehmens basieren. Je höher der Anteil des Wissens in der Wissensdatenbank ist, umso höher ist die Flexibilität des Unternehmens in Bezug auf sein Personal, und umso unabhängiger kann es handeln.

Der entscheidende Vorteil der Wiederbenutzbarkeit von Wissen wird in der Folge deutlich. Schon zu Beginn der Entwicklung eines Produktes kann in verstärkter Weise das Unternehmenswissen genutzt werden. Somit startet man bei der Produktentwicklung von einem deutlich erhöhten Wissensniveau. Während der gesamten Entwicklungszeit kann auf die Wissensbasis zugegriffen werden und Wis-

sen wieder angewendet werden. Dies führt zu einem kontinuierlichen Zuwachs von Wissen über ein bestimmtes Produkt durch Rückführung von Wissen in die Basis während der Durchführung der Geschäftsprozesse. Das Individualwissen einer Person nimmt mit der Zeit einen immer kleineren Anteil ein. Gerade dieses Individualwissen ist es dann jedoch, was das Potenzial der Belegschaft eines Unternehmens ausmacht. Es geht also nicht darum, sich von den Personen innerhalb des Unternehmens unabhängig zu machen, sondern deren persönliche Fähigkeiten und Kompetenzen zu fördern und zielgerichtet zu fokussieren.



* Dynamische Möglichkeiten sind das Potenzial Gelegenheiten zu erfassen und die Wissensbasen, Kompetenzen und komplementären Fähigkeiten und Technologien neu zu konfigurieren um einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil zu erzielen.

Bild 1.2: Wertschöpfungsgewinnung aus dem Wissenskapital (aus [Teec 2002]).

Durch eine breitere und tiefere Wissensbasis können die Kosten eines Produktes deutlich früher im Produktlebenszyklus determiniert werden. Zudem sind diese Vorhersagen für die anfallenden Kosten deutlich genauer als bei normaler Vorgehensweise. Somit wird den Unternehmen zusätzlich Planungssicherheit zu einem früheren Zeitpunkt zur Verfügung gestellt. Dies ist ein entscheidender Wettbewerbsfaktor.

Der Zusammenhang zwischen den zuvor beschriebenen Faktoren und den Abhängigkeiten zur Wertschöpfung aus dem Wissenskapital des Unternehmens ist in

Bild 1.2 illustriert. Das Wissenskapital kann somit nicht nur als Resultat der Kombination oben angegebener Einflussfaktoren angesehen werden, sondern ist und wird über Erfolg und Misserfolg eines Unternehmens gegenüber seinen Mitbewerbern entscheiden.

Es ergeben sich daraus zusammenfassend folgende, wesentliche Argumente für den Einsatz von Wissensmanagement in fertigen Unternehmen, die einen klaren Wettbewerbsvorteil erlauben.

- Verbesserung der Produktqualität
- Verkürzung der Entwicklungszeiten
- Effizienterer Einsatz des Personals
- Frühere Prognostizierbarkeit der Kosten
- Kostenreduktion und -einsparung

1.2.2 Einsatz von Wissensmanagement in fertigen Unternehmen

1.2.2.1 Übersicht

Um das Feld der aktuellen industriellen Anwendung von Wissensmanagementlösungen zu betrachten ist es essentiell zu wissen, dass die Begriffe Wissen und Wissensmanagement in einer Vielzahl von Ansichten und Detaillierungsgraden definiert und interpretiert werden. Ebenso vielschichtig ist die Sicht auf die Anwendung in der Industrie. Der Bereich dieser Anwendungen kann sich in Realität ausdehnen von der Benutzung von (immer noch analogen) Dokumentenarchiven bis hin zur Realisierung kompletter wissensbasierter Unternehmen. Für eine konkrete Anwendung ist es unerlässlich, sich mit der exakten Bestimmung und Definition von Begriffen aus dem Bereich des Wissensmanagement zu befassen und ein Konzept auf dieser Grundlage aufzubauen. Die Vielzahl der aktuellen Definitionen in Industrie und Wissenschaft basiert vor allen Dingen auf der Natur von Wissen selbst, als komplexes, vielschichtiges und vielfältiges Phänomen [Blac 1995].

Aus fundamentaler Sichtweise betrachtet „wendet Wissensmanagement das gemeinsame Wissen und die Möglichkeiten der gesamten Arbeitskraft an, um spezifische Unternehmensziele zu erreichen“ [Plun 2001]. Dies ist der eigentliche Grund für Unternehmen, um Wissensmanagement einzusetzen: Durch Steuerung des Potenzials eine Verbesserung der Produktivität zu erreichen.

Das Fraunhofer Institut für Arbeit und Organisation (IAO) führte eine Befragung zu dem Thema „Wo hilft Wissensmanagement im Unternehmen?“ durch. Die wesentlichen Resultate waren, dass die Erwartungen durch die Unternehmer sehr hoch

eingeschätzt werden, zu 96 % wurde es als wichtig oder sehr wichtig eingestuft [Dede 2001].

Um Wissensmanagement zu einem Erfolgsfaktor zu machen, müssen nebst den Begriffen aber auch die Ziele klar definiert werden. Diese strategischen, unternehmerischen Ziele liegen in den Bereichen Geschäftsprozesse, Kundenbeziehungen, Kernkompetenzen und Wettbewerb.

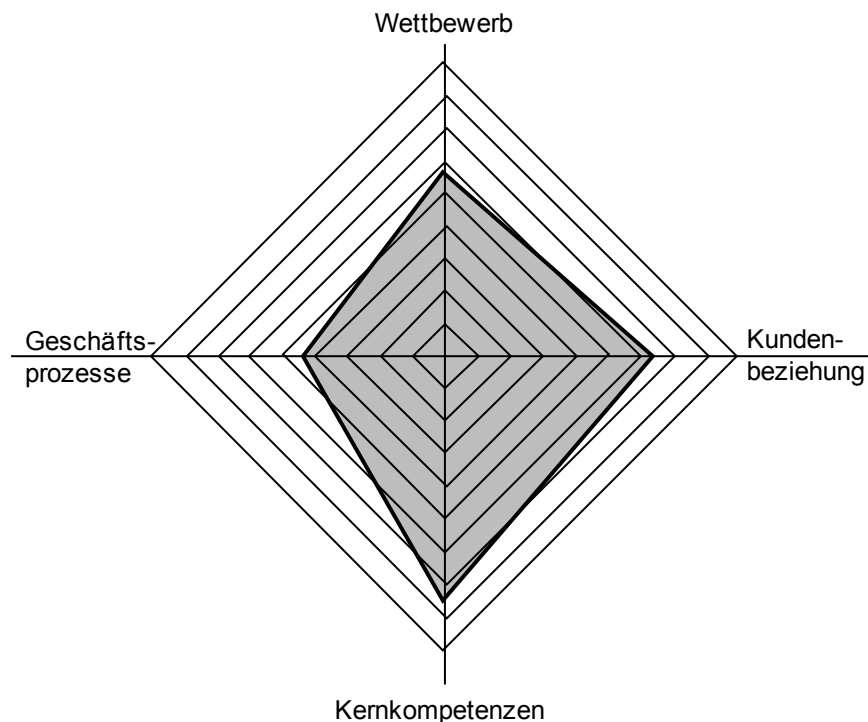


Bild 1.3: Beispiel für Schwerpunkte des Wissensmanagementeinsatzes, nach [Dede 2001].

In **Bild 1.3** wird ein Beispiel für eine strategische Festlegung der vier Bereiche gegenüber dem Einsatz von Wissensmanagement dargestellt. Das hier repräsentierte Unternehmen stuft die Kernkompetenzen als besonders wichtig ein, ebenso sind aber auch die Kundenbeziehungen von relevanter Bedeutung. Es sollen somit für die Zukunft die Kernkompetenzen weiter ausgebaut und die Bindungen mit den Kunden verstärkt werden. Die Bereiche Wettbewerb und Geschäftsprozesse sind in diesem Modell zunächst vernachlässigt. Gründe dafür können zum Beispiel sein, dass das Unternehmen in einer Marktnische arbeitet, in welcher der Wettbewerb auf höchstens einige Konkurrenten zurückzuführen ist, wie zum Beispiel bei dem Edellimousinenhersteller Maybach. Den Grund für eine geringe Priorität bei den Geschäftsprozessen kann man zum Beispiel darauf zurückführen, dass organisatorische Veränderungen bereits im Vorfeld, zum Beispiel bei der Einführung der Qualitätssicherung nach ISO 9001, vollzogen worden sind.

1.2.2.2 Stand der Technik

Die enge Zusammenarbeit mit Kunden und Zulieferern als „erweitertes Unternehmen“ ist das neue Paradigma auch der fertigen Industrie. Die Industrie selber ist jedoch oftmals vor Probleme bei der Implementierung von Wissensmanagement gestellt. Zum Beispiel behindern kulturelle und organisatorische Barrieren den Austausch des Wissens innerhalb und ausserhalb des eigenen Unternehmens. Aber auch die Verwaltung von exponentiell ansteigenden Mengen von Informationen stellt die Unternehmen vor wesentliche Probleme

Aus technischer Sicht werden zur Zeit verschiedene Produktwissensmanagementsysteme in Einzelunternehmen eingesetzt, die jedoch alle in ihrer Anwendbarkeit oder in dem Anwendungsbereich stark eingeschränkt sind. Aktuelle Online Produktinformationssysteme sind zum Teil nur als dateibasierte Produkthandbücher für die Anwender oder als statische Webseiten, zum Beispiel für den Bereich der Vermarktung, ausgeführt. Andere Systeme stellen Produktbeschreibungen als Online-Support für Kunden mit erweiterter Funktionalität zur Verfügung [Mark 1999]. Diese verfügen über Online-Browser für unterschiedliche technische Bibliotheken. Obwohl dies in Bezug auf die darunterliegenden Bibliotheken dynamisch ist, ist der Inhalt der Dokumente immer noch statisch.

In den fertigen Unternehmen gibt es eine Vielzahl von Systemen, die allesamt als Produktwissensmanagementsystem klassifiziert werden könnten. Diese Systeme sind in der Regel jedoch nichts anderes als Produktinformationscontainer. Dies bedeutet, dass sie zwar Daten und Informationen über die Unternehmensprodukte beinhalten, die Wissenszusammenhänge jedoch nicht liefern.

In **Bild 1.4** werden die wesentlichen rechnergestützten Systeme im Produktentstehungsprozess und ihre Anwendungsbereiche bis zur Fertigstellung des Produktes dargestellt. Die so genannten **CAX** Systeme, wie zum Beispiel **CAD** (Computer Aided Design), **CAP** (Computer Aided Planning), **CAM** (Computer Aided Manufacturing) oder auch **CAQ** (Computer Aided Quality Assurance) sind vornehmlich Systeme, die der technischen Bearbeitung von Produkten dienen. Die modernen CAD Systeme bieten heutzutage deutlich mehr Funktionalität als die bloße Möglichkeit der Erstellung von Zeichnungen und zugehörigen Stücklisten. Viele dieser Systeme integrieren inzwischen auch verstärkt die Bereiche des **FEM** (Finite Elemente Methode), **VR** (Virtual Reality), **PDM/PLM** (Product Data/Lifecycle Management) und Wissensmanagement.

Die PDM Systeme, die seit kurzem auch als PLM System bekannt sind, werden dazu eingesetzt, um Produktdaten zu erfassen, verwalten und zu archivieren. Diese PDM-Systeme haben einen integrativen Charakter und werden oftmals mit den Systemen der Bereiche Entwicklung, Vertrieb, Einkauf und Lagerhaltung, eventuell auch Personal und EDV gekoppelt. Dies führt in der Regel zu einer Überlap-

pung und somit Redundanz mit den **ERP** (Enterprise Resource Planning) Systemen der Unternehmen. Mit PDM/PLM wird vornehmlich die technische Seite der Produktentstehung betrachtet, wohingegen die Benutzung der ERP Software vornehmlich zur betriebswirtschaftlichen Verwaltung und Auftragsabwicklung von Produkten dient. Dennoch bleibt in der Regel das Problem der redundanten Datenhaltung in den Randbereichen der Anwendung bestehen und somit als Folge Inkonsistenzen zwischen einzelnen Produktdatencontainern. Somit wird oftmals, je nach strategischer Ausrichtung des Unternehmens entschieden, sich auf eines dieser beiden Systeme zu fokussieren, und die Restbereiche mit speziellen Softwaresystemen abzudecken. In summa bleibt hier festzuhalten, dass es sich bei den hier erwähnten Systemen nur um Systeme handelt, die Produktdaten und –informationen verwalten, jedoch nicht das Produktwissen.

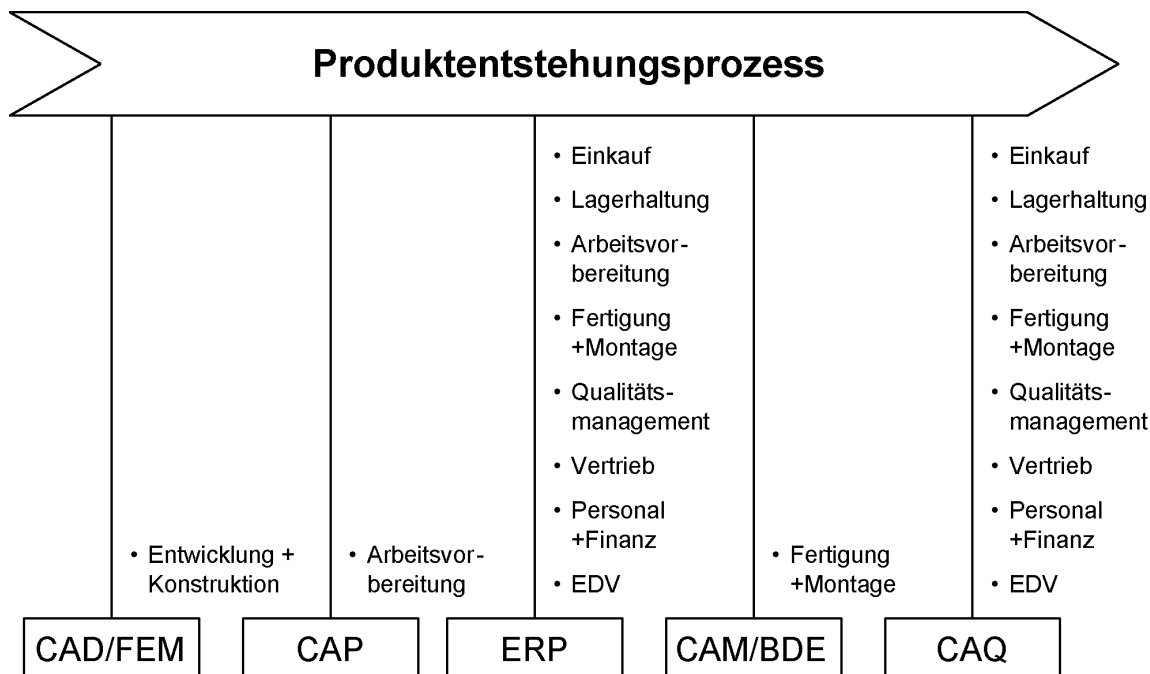


Bild 1.4: Rechnergestützte Werkzeuge des Produktentstehungsprozesses, nach [Schö 1999]

Diese Produktbeschreibungen und die zugehörigen formalen Modelle ihrer Systeme werden oftmals nur als eigenständige Lösungen eingesetzt. Die zunehmenden Anforderungen der Industrie nach verstärkter Interoperabilität verschiedener Systeme, die in unterschiedlichen Phasen des Produktlebenszyklus eingesetzt werden, führt zu einer exponentiell ansteigenden Zahl von direkten Schnittstellen zwischen den einzelnen Systemen. Großkonzerne, aber auch zunehmend kleine und mittelständische Unternehmen gehen dazu über, neutrale Datenaustauschschnittstellen für den Austausch ihrer Produktdaten zu verwenden, um Implementierungs- und Lebenszykluskosten, sowie die Zeit bis zur Markteinführung

der Produkte zu senken, zusätzlich aber auch um die eigene Flexibilität zu steigern [Kemm 1999].

Aktuelle Forschungsprojekte drängen zur Zeit in die Richtung des Austausches von Produktinformationen zwischen Unternehmen, zum Beispiel in der Produzent-Zulieferer-Kette (engl.: Supply-Chain-Management). Obwohl es hier ein verstärktes Bedürfnis der Industrie gibt, basiert der Datenaustausch in der Regel immer noch auf dem Austausch auf Dateibasis. Verschiedenste Programme und Untersuchungen zielen darauf ab, unternehmensübergreifende, zentrale Datencontainer zu entwickeln und zur Verfügung zu stellen, aber keines konnte bislang in praxi implementiert werden.

Die dazu benötigte Entwicklung von Produktinformationsmodellen zur Formalisierung und Strukturierung von Produktdaten ist ein wesentlicher Faktor. In den letzten Jahren wurden diesbezüglich verschiedene Referenzmodelle, vornehmlich in Standardisierungsaktivitäten entwickelt [BeMS 1998]. Solche Referenzmodelle werden in unterschiedlichsten Abstraktionsgraden zur Verfügung gestellt und können für jede Art von Industrie, Geschäftsbereich oder Firma von Bedeutung sein. Wesentliche Beispiele für solche Referenzmodelle sind das IAA (IBM Insurance Application Architecture), das DZ-SIMPROLOG (Referenzmodell des Fraunhofer Instituts), das ODP- (Open Distributed Processing) und OMA- (Object Management Architecture) Referenzmodell ebenso wie die relevanten **STEP** – Anwendungsprotokolle (**Standard for the Exchange of Product Model Data** – Application Protocols).

Der meistverwendete internationale Standard zur Repräsentation und zum Austausch von Produktdaten ist STEP. Er stellt eine Alternative dar zu der Vielfalt der zur Zeit verwendeten Datenformen und Standards. Durch die Aufteilung des Standards in verschiedene Anwendungsprotokolle ergeben sich Anwendungsmöglichkeiten in den verschiedensten Domänen, wie zum Beispiel Architektur, Schiffbau, Elektrische Energietechnik, Maschinenbau und weitere.

Ein Anwendungsprotokoll, welches sich zur Zeit noch in der Entwicklung zum ISO Standard befindet ist das "AP233 - Systems Engineering data representation application protocol". Auf Grund der Tatsache, dass die Methodik des Systems Engineering verschiedenste Domänen innerhalb des gesamten Produktlebenszyklus umfasst, scheint dieses Anwendungsprotokoll innerhalb des STEP Standards eine Grundlage darzustellen, um die Daten komplexer Produkte vollständig und konsistent repräsentieren zu können.

1.2.2.3 Abriss der Umsetzungsproblematik in den Unternehmen

Die Einführung von Wissensmanagement in ein Unternehmen oder in ein Netzwerk von Unternehmen ist nicht einfach mit der Einführung eines neuen Software-systems zu vergleichen. Der konsequente und Erfolg versprechende Einsatz be-

ginnt mit der Änderung der Unternehmensphilosophie der Firma. Nur wenn die Führung beharrlich den „Wissensmanagementweg“ vorlebt, wird es Akzeptanz und Motivation bei den Mitarbeitern finden. Dies soll im Folgenden als das Wissensmanagement-Paradigma bezeichnet werden.

Im Rahmen der Einführung müssen neue Positionen im Unternehmen geschaffen werden, wie zum Beispiel die eines Wissensmanagementleiters oder –ingenieurs. Diese Personen stellen die Kernkompetenzen der Philosophie dar und gestalten die Konzepte für Einführung, Implementierung und Fortsetzung der Strategie. Dabei ist es stets wichtig, alle Mitarbeiter, welche mit dem Produkt in Verbindung stehen, also neben der Entwicklung auch Vertrieb, Montage, Wartung, etc., von Anfang an mit einzubinden und zu motivieren. Die Umsetzung sollte als „Think Big – Start Small – Projektierung“ durchgeführt werden. Dies bedeutet, dass die Einführung von Wissensmanagement als langfristiger Prozess zu sehen ist. Insbesondere gilt dies auch für den Return of Investment. Es ist zunächst keine sofortige Auszahlung nach einer inertialen Einführung zu sehen. Nach wenigen Jahren sind jedoch bereits erhebliche Qualitätsverbesserungen und in Folge Kostenreduktionen zu erwarten. Ebenso ergibt sich durch die reduzierte Zeit bis zur Marktreife und höhere Qualität ein entscheidender Wettbewerbsvorteil gegenüber den Konkurrenten.

Ein anderer, wesentlicher Faktor, der sich jedoch mehr auf die technische Umsetzung bezieht, ist die Unterstützung der Geschäftsprozesse. Dies gilt insbesondere für die Einbindung in aktuelle Systeme und Prozesse des Unternehmens. Durch die Verwendung moderner Informationstechnologien soll eine Einbindung in beziehungsweise Unterstützung der Geschäftsprozesse gefördert werden.

Der Mangel an Möglichkeiten das Wissen innerhalb einer Unternehmensstruktur zu erfassen und zu verbreiten ist das wesentliche Defizit bei einem Wandel zu einem wissensbasierten Unternehmen. Wesentliche Gründe sind hier vor allem:

- kulturelle Aspekte
- Aspekte der Sicherung von Wissen als Unternehmenskapital (engl.: IPR, Intellectual Property Rights)
- Zugänglichkeit von Wissen (einfache Speicherung und Bereitstellung)
- Verwaltung des Wissens (Erfassung, Sicherung, Archivierung, etc.)
- Möglichkeiten der Verknüpfung des Wissens mit unternehmensinternen Systemen und Prozessen
- Unterstützung des Produktlebenszyklus (Das Wissen soll nicht auf eine Phase beschränkt sein, sondern den gesamten Lebenszyklus umfassen)

1.3 Zielsetzung und Inhalt

Diese Arbeit beschäftigt sich nicht mit Produktdaten oder Produktinformationen, sondern mit dem den Lebenszyklus übergreifenden Wissen über ein Produkt in erweiterten Unternehmen. Es geht somit über die Grenzen klassischer Produktinformationssysteme wie CAx oder PDM/PLM hinaus. Der Anwendungsbereich des Produktwissens soll zum einen den gesamten Produktlebenszyklus umschließen, zum anderen auch das produktspezifische Wissen aller Personen, die in direktem Zusammenhang mit dem Produkt stehen. Diese Arbeit beschränkt sich zudem nicht auf die Art des Wissens, die bereits als Daten und Informationen in verschiedenen Anwendungssystemen verwaltet werden. Vielmehr soll das Wissen von Experten, das Rationale für Entscheidungen und für die Durchführung der Geschäftsprozesse, erfasst, verarbeitet und verteilt werden können. Entsprechende ausführliche Erläuterungen zur genauen Definition der Wissensarten und deren Bearbeitung finden sich in den Kapiteln 3 und 4.

Das Ziel der Arbeit soll somit definiert sein als:

„Spezifikation eines industriell praktikablen Produktwissensmanagementsystems für einen den Produktlebenszyklus übergreifenden Einsatz in erweiterten Unternehmen.“

Zur Erreichung dieses Zieles sind als Schlussfolgerung der vorangegangenen Ausführungen die folgenden Schritte nötig, welche sich in der Struktur der Arbeit wiederfinden:

- Abstecken der Grenzen des Wissensmanagementsystems (WMS) für eine praktikable Anwendung.

Wie zuvor erwähnt hat der Bereich des Wissensmanagements in den letzten Jahren äußerst stark an Bedeutung gewonnen. Gerade deshalb ist es um so wichtiger, eine exakt definierte Lösung zu finden, die sich von den vorhandenen Lösungen abgrenzt, indem sie eine holistische Betrachtung auf das Produktwissen eines erweiterten Unternehmens bietet. Durch diese Art der sehr breiten Anwendungsbereiche muss sich auf Grund exponentiell ansteigender Informationsmengen der Detaillierungsgrad des Systems verändern, um es immer noch nutzbar und akzeptabel für die industrielle Anwendung realisieren zu können. Somit ist es essentiell, zum Teil andere Wege der Wissensrepräsentation als sie zur Zeit eingesetzt werden zu beschreiten, damit sich die Benutzer einer solchen Lösung nicht auf das System selbst, sondern auf die Inhalte konzentrieren können. Weitere industrielle Anforderungen bedürfen in diesem Zusammenhang ebenfalls der gesonderten Betrachtung.

Diese Randbedingungen werden in den verschiedenen Implementierungsmodellen dieser Arbeit integriert und beschrieben. Die Umsetzung der Modelle bildet die Implementierung dieser Anforderungen an eine industrielle Anwendbarkeit.

- Begriffsbestimmungen und Definitionen

Die Mehrdeutigkeit wesentlicher Begriffe des Wissensmanagements und ihre vieldeutige Interpretationsweise ist oftmals der Grund für eine mangelhafte Umsetzung von Wissensmanagement in Unternehmen. Jeder stellt sich unter den Kernbegriffen etwas anderes vor. Gerade diese Fehlinterpretationen führen immer wieder zu Unstimmigkeiten im Einsatz mit zum Teil sehr starken Konsequenzen. Deshalb werden in dieser Arbeit die Kernbegriffe des Wissensmanagements, wie es hier verstanden werden soll, definiert. Sie bilden die Grundlage für die Interpretation der Implementierungsmodelle und sind konsequent in Ihrer Bedeutung anzuwenden, um eine konsistente Sicht auf das zu entstehende System zu verwirklichen.

- Definition der Kernrollen

In Anlehnung an Prozess- und Workflowmanagementsysteme soll hier der Begriff der Rolle eines Akteurs verwendet werden. Eine Rolle definiert im Wesentlichen die Aufgaben und Arbeitsbereiche einer Person oder Gruppe. Als Kernrollen werden in dieser Arbeit die Rollen für das Wissensmanagement bezeichnet. Andere Rollen, wie zum Beispiel die Rolle einer Person im Unternehmen oder die Rolle in einem bestimmten Kontext, die in Folge verwendet werden, sind Teil der Definitionen innerhalb des Wissensmanagementprozesses. Die Kernrollen bilden zusammen mit den zuvor genannten Begriffsdefinitionen die Grundlage für die Entwicklung der Implementierungsmodelle. Es werden die Hauptaufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten beschrieben, ebenso die Ansätze zur Umsetzung im erweiterten Unternehmen.

- Definition der Modelle für die Implementierung

Es soll ein Meta-Modell entwickelt werden, welches den Zusammenhang zwischen einem Produkt, dem zugehörigen Wissen, dem erweiterten Unternehmen, den Geschäfts- und Entwicklungsprozessen und den Daten beziehungsweise Informationen, die das Produkt spezifizieren, beschreibt. Auf Grundlage dieses Meta-Modells sollen entsprechende Partialmodelle für die einzelnen Unterbereiche entwickelt und diese über geeignete Konnektoren, respektive Kernobjekte, verknüpft werden. Diese Partialmodelle stellen die Grundlage für die Implementierung des Produktwissensmanagementsystems dar. Sie beschreiben die Prozesse, Komponenten und Informationsflüsse.

- Illustration der praktischen Anwendungsmöglichkeiten am Beispiel

Der hohe Abstraktionsgrad der Modelle erleichtert eine industrielle Implementierung des Konzepts auf breiter Ebene ohne die Geschäftsprozesse verändern zu müssen oder zu stark domänenspezifisch zu sein. Um jedoch die Anwendungsmöglichkeiten zu verdeutlichen und eventuelle, firmenspezifische Anregungen zur Implementierung zu geben, sollen diese durch ein Beispiel gezielt illustriert werden. Dies ermöglicht es auch dem Leser, der nicht Experte im Bereich des Wissensmanagements ist, sich einen schnellen und konkreten Überblick über die Möglichkeiten und Bereiche des Konzepts zu machen. Das Beispiel wird am Ende der Arbeit auf Grundlage der zuvor erarbeiteten Methodik dargestellt und erläutert.

2 Grundlegende Methodiken und Definitionen

Aus der Zielformulierung dieser Arbeit geht hervor, dass sie sich im Wesentlichen mit der Verknüpfung von Wissen, erweiterten Unternehmen und deren Produkten, insbesondere deren Entwicklung, beschäftigt. Aus diesem Grund sollen in diesem Kapitel die wesentlichen Methodiken vorgestellt werden, die in der Folge Einsatz in der Umsetzung in den Informationsmodellen finden.

Das systematische Konstruieren wird hier anhand zweier Methodiken erläutert: Die VDI Richtlinie 2221: „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ [VDI 1993] ist ein in der deutschen fertigenden Industrie oftmals eingesetztes Regelwerk zur Entwicklung von Produkten. Die Methodik des Systems Engineering ist eine international anerkannte Methode zur Entwicklung sehr komplexer Systeme. Sie findet daher vorwiegend in der Luft- und Raumfahrttechnik Anwendung, kann aber auch auf andere Bereiche angewendet werden. Beide Methodiken werden in Folge zu Teilen Anwendung und Realisierung in dem Wissensmanagementkonzept finden.

Eine allgemeine Einführung in die Methode des Wissensmanagement wird später in diesem Kapitel geliefert, um dem geneigten Leser alle wesentlichen Informationen über die Prozesse dieser Methode zu erläutern. Dies wird benötigt um die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Partialmodellen und um das Wissensmanagementmodell verstehen zu können. Als weitere Grundlage finden sich im folgenden Kapitel die Definitionen aller wichtigen Begriffe, die zum Verständnis und als Grundlage für die Modellentwicklung nötig sind.

2.1 Methodisches Konstruieren nach VDI 2221

Die VDI Richtlinie 2221 stellt eine „allgemein anwendbare Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme“ dar [VDI 1993]. Hier werden allgemeingültige Grundlagen zur Konstruktion dargelegt, indem die wichtigen Arbeitsschritte und –ergebnisse illustriert und als Leitfaden zusammengestellt werden. Die Grundlage hierbei bilden zum einen die allgemeinen Problemlösungsansätze der Systemtechnik, zum anderen werden die Methodenvorschläge vorwiegend für den Bereich des Maschinenbaus und der Feinwerktechnik integriert. Es handelt sich somit weitestgehend um eine Methodik auf allgemeiner Basis, die vorwiegend auf fertigende Unternehmen spezialisiert ist. Als wesentlicher Faktor ist hier herauszustellen, dass sie vor allem für die Entwicklung neuer Produkte Anwendung finden soll.

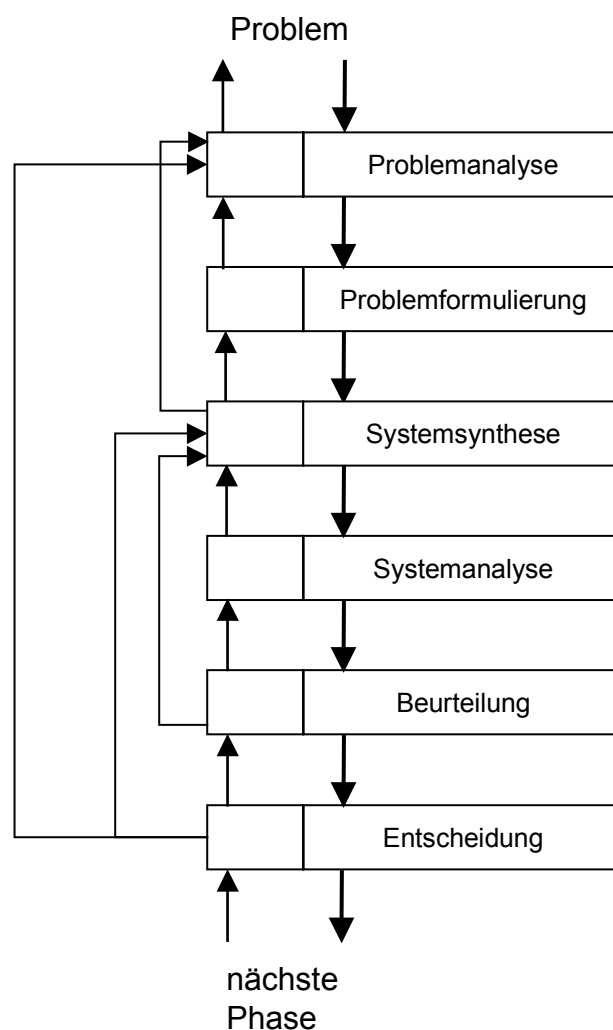


Bild 2.1: Systemtechnische Problemlösung nach [VDI 1993]

In **Bild 2.1** ist der allgemeine Problemlösungsprozess schematisch dargestellt. Diese Prozesskette wird in allen Phasen des Produktlebenszyklus durchfahren. Das Problem wird zunächst analysiert und zusätzliche Informationen, welche über das Eingangsproblem hinaus gehen, werden bereit gestellt. Dadurch kann in der Problemformulierungsphase die Aufgabenstellung exakt formuliert und präzisiert werden. Bei der Lösungsfindung werden mehrere Lösungen erarbeitet und kombiniert (Systemsynthese). Die Eigenschaften und Auswirkungen werden in der Systemanalyse festgestellt, bevor es anschließend zu einer Beurteilung aller Lösungen kommt. Auf dieser Grundlage wird dann die Entscheidung für eine Lösung gefällt. Bei komplexeren Problemen reicht die beschriebene, lineare Vorgehensweise nicht aus. Deshalb werden iterative Zyklen eingeführt, um durch ein ständiges Konkretisieren und Detaillieren die Durchführung des nachfolgenden Schrittes explizit zu vereinfachen beziehungsweise zu ermöglichen.

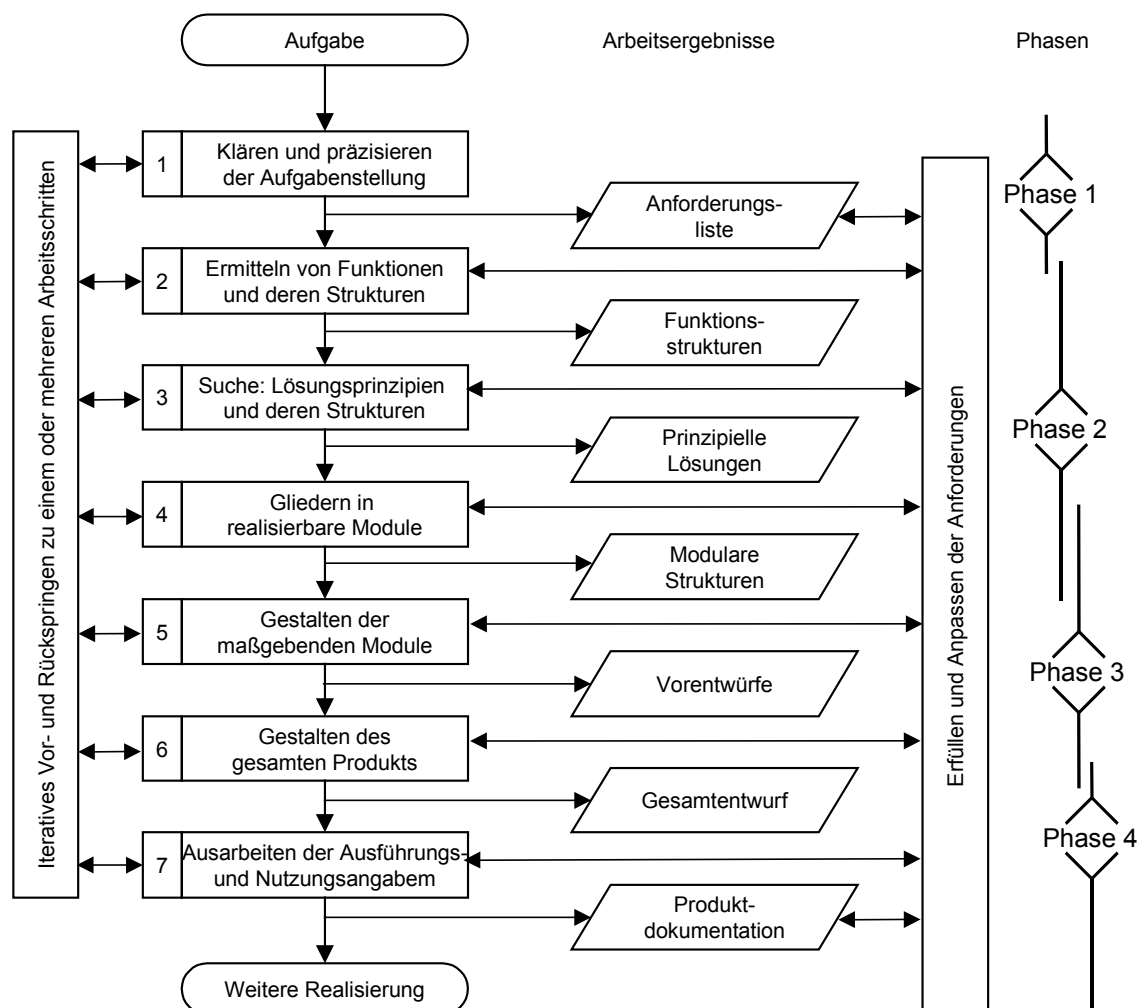


Bild 2.2: Vorgehensweise beim Entwickeln und Konstruieren, nach [VDI 1993]

Der Kern der Richtlinie wird durch einen Vorgehensplan (**Bild 2.2**) gebildet. Dieser erfasst sieben grundlegende Arbeitsschritte zur Entwicklung eines Systems. Um

eine allgemeine Anwendbarkeit dieser Vorgehensweise zu erreichen, wurden die Arbeitsschritte nur grob strukturiert. So ist es möglich, diesen Ablaufplan an unternehmensspezifische Geschäftsprozesse zu integrieren und anzupassen [Pa-Be 1998]. Aus den sieben Arbeitsschritten folgt jeweils ein Arbeitsergebnis, welches als Grundlage für die nächsten Arbeitsschritte dient. Die Arbeitsschritte und deren Ergebnisse werden in verschiedene Phasen unterteilt. Die hier illustrierte Einteilung in vier Phasen ist jedoch nicht zwingend notwendig. Vielmehr kann eine unternehmensspezifische Einteilung in Phasen erfolgen, die der Orientierung des Unternehmens in Bezug auf Marktausrichtung, Konstruktionsoptimierung oder interne Organisationstrukturen folgen kann.

Im ersten Arbeitsschritt werden die Anforderungen von Kunden oder der Produktplanung erfasst. Auf deren Grundlage wird die Aufgabe präzisiert und geklärt. Die Formulierung resultierender Anforderungen aus unterschiedlichen Gründen vervollständigt die Konstruktionsaufgabe und klärt frühzeitig voraussichtliche Randbedingungen und eventuelle Aufgabenschwerpunkte. Das Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist die Anforderungsliste oder aber auch das Pflichtenheft. Dieses legt alle vertraglich vereinbarten Leistungen fest. Umso wichtiger ist es, gleich zu Beginn eines Konstruktionsprozesses so viele Anforderungen als möglich festzuhalten. Erfahrungen zeigen jedoch, dass es nahezu unmöglich ist, alle oder aber auch nur die meisten Anforderungen an ein zu entwickelndes Produkt zu Beginn festzulegen. Deshalb erfolgt zu jedem Arbeitsschritt ein Prozess der Anforderungsmodifikation, der sich über die gesamte Zeit der Konstruktion hinzieht.

Der zweite Arbeitsschritt umfasst das Ermitteln der Funktionen und deren Strukturen. Ausgehend von der Hauptfunktion werden diese bis auf einzelne Teilfunktionen heruntergebrochen. Das Ergebnis ist eine formale oder deskriptive Dokumentation der Funktionshierarchie und der kausalen Relationen zwischen den Einzelfunktionen.

Auf der Funktionshierarchie aufbauend werden im dritten Schritt Lösungsprinzipien für die einzelnen Funktionen ermittelt und festgelegt. Diese werden entsprechend der Funktionsstruktur zu einer Wirkstruktur zusammengefasst und als Prinzipskizze, Schaltung oder textuelle Beschreibung dokumentiert.

Der vierte Schritt, die Unterteilung in realisierbare Module, dient der besseren Aufteilbarkeit und der Verbesserung der Übersichtlichkeit über das zu entwickelnde Gesamtsystem. Die Modulstruktur beinhaltet bereits die Gliederung der Lösung in Teilsysteme und Elemente. Diese Modularisierung wird überwiegend zur Optimierung des Konstruktionsprozesses eingesetzt. Die Aufteilung kann entweder nach bestimmten Strukturgruppen oder Anwendungsbereichen bzw. Abteilungen erfolgen.

Die Entwicklung und Gestaltung der für eine Optimierung maßgebenden Module stellt den fünften Schritt dar. Die Entwicklung ist hier nur so weit zu beschreiben,

dass auf ihrer Grundlage Entscheidungen für die Optimierung getroffen werden können. Diese Modulentwicklungen werden als Vorentwürfe dokumentiert.

Im Anschluss werden die Vorentwürfe detailliert und final ausgearbeitet. Noch fehlende Baugruppen und Elemente werden ebenfalls gestaltet und dokumentiert. Alle Teile und Baugruppen werden jetzt verknüpft und endgültig festgelegt. Der resultierende Gesamtentwurf enthält nun alle zur Produktherstellung relevanten Informationen.

Der letzte Schritt dieser Entwicklungskette dient der Ausarbeitung der Ausführungs- und Nutzungsangaben, für die der Konstruktionsbereich in Verantwortung steht. Er stellt eine Optimierung der Festlegungen zu Fertigung und Gebrauch dar. Als Arbeitsergebnis dieses Schrittes steht die gesamte Dokumentation des Produktes. Diese beinhaltet alle Zeichnungen, Stücklisten, Montage-, Prüf- und Inbetriebnahmeanleitungen sowie Benutzerhandbücher und, falls benötigt, noch umfangreichere und speziellere Dokumentation.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die VDI 2221 überwiegend den Bereich der Konstruktion und Entwicklung eines Produktes bis hin zur Vorserienfertigung abdeckt. Durch die allgemeine Beschreibung der Prozessabläufe kann sie in unternehmensspezifische Konstruktionsprozesse eingegliedert werden. Die Produktlebenszyklusphasen Fertigung, Vertrieb, Gebrauch, Support oder Recycling werden hier nicht explizit berücksichtigt, durch eventuelle Anweisungen höchstens vorbereitet und angedacht. Weiterhin ist im gesamten Konstruktionsprozess kein Rückfluss von Informationen aus späteren Produktlebenszyklusphasen in die Entwicklung vorgesehen.

2.2 Systems Engineering

Systems Engineering ist in den 1970er Jahren am Betriebswissenschaftlichen Institut der ETH Zürich entwickelt worden [Daen 1976]. Im Wesentlichen stellt es einen Leitfaden zur Entwicklung komplexer Systeme dar. Es postuliert grundlegende Begriffe und Prinzipien und bindet diese in ein Workflowkonzept ein.

Heutzutage wird diese Methodik überwiegend in den Bereichen der Luft- und Raumfahrttechnik eingesetzt. Beispiele dafür sind das Eurofighterprojekt oder die Entwicklung der internationalen Raumstation ISS. Man erkennt sehr schnell, dass es sich hierbei um sehr komplexe Systeme handelt, bei deren Entwicklung auch ein sehr hoher Anteil an Kooperation und Koordination benötigt wird. Durch eine recht allgemeine Auslegung ist die Zahl der möglichen Anwendungsbereiche jedoch sehr hoch. Zur Zeit sind auch Anwendungen in den Bereichen Bahn-, Auto- oder Telekommunikationsindustrie angestrebt. Bei entsprechender Akzeptanz ist eine Anwendung in anderen Bereichen, wie zum Beispiel der fertigen Industrie, ebenso möglich wie bei der Entwicklung sozioökonomischer Systeme. Systems Engineering stellt somit einen domänenübergreifenden Systementwicklungsleitfaden dar.

Im Folgenden sollen die Grundbegriffe und Konstrukte des Systems Engineering kurz vorgestellt werden, um einen Vergleich mit der VDI Richtlinie 2221 und dem Systems Engineering zu ermöglichen. Einen vertieften Einblick in das Systems Engineering vermitteln der zugehörige internationale Standard [EIA 1998] oder [DaHu 1997].

2.2.1 Grunddefinitionen

Zahlreiche internationale Standardisierungsvereinigungen haben das Systems Engineering gegen Ende der 1990er Jahre als international anerkannten Standard verifiziert. Systems Engineering als Leitfaden zur Systementwicklung wird der Meinung des Autors nach am zweckmäßigsten im 1995 veröffentlichten Standard des IEEE definiert.

Definition: Systems Engineering

„Ein interdisziplinärer, gemeinschaftlicher Ansatz, um eine lebenszyklisch ausbalancierte Systemlösung abzuleiten, entwickeln und zu verifizieren, welche die Kundenerwartungen erfüllt und öffentliche Akzeptanz erreicht.“ (deutsche Übersetzung des IEEE Standards [IEEE 1995])

Diese Definition beinhaltet alle wesentlichen Aspekte des Systems Engineering, nämlich Unterstützung des Produktlebenszyklus, Systemdenken, Systemoptimierung und Anforderungsmanagement.

Ein System wird definiert als eine hierarchische Struktur von Teilen, die miteinander interagieren. Diesbezüglich werden im Folgenden immer wieder die Begriffe System, Supersystem und Subsystem auftauchen.

Definition: System

„Ein System ist eine Gruppe von zusammenhängenden Komponenten, welche miteinander in einer definierten Art und Weise interagieren, um einen bestimmten Zweck zu erfüllen.“ (deutsche Übersetzung des EIA Standards [EIA 1998])

Die Komponenten eines Systems können sehr unterschiedlich sein: Personen, Prozesse, Teile, Software, Ausstattung, etc. Die Einteilung der hierarchischen Struktur eines Systems ist abhängig von unternehmens- oder projektspezifischen Anforderungen. Eine allgemein verwendbare hierarchische Struktur wird zum Beispiel durch die Systems Engineering Arbeitsgruppe der NASA vorgestellt (**Bild 2.3**). Diese Struktur illustriert, dass jedes System Teil eines Supersystems ist und sich aus einer Vielzahl von Subsystemen zusammensetzen kann. Diese Subsysteme werden in letzter Granularität als Bauteil bezeichnet. Ein Bauteil befindet sich am Ende des Hierarchiebaumes und kann nicht weiter in Subsysteme zerlegt werden.

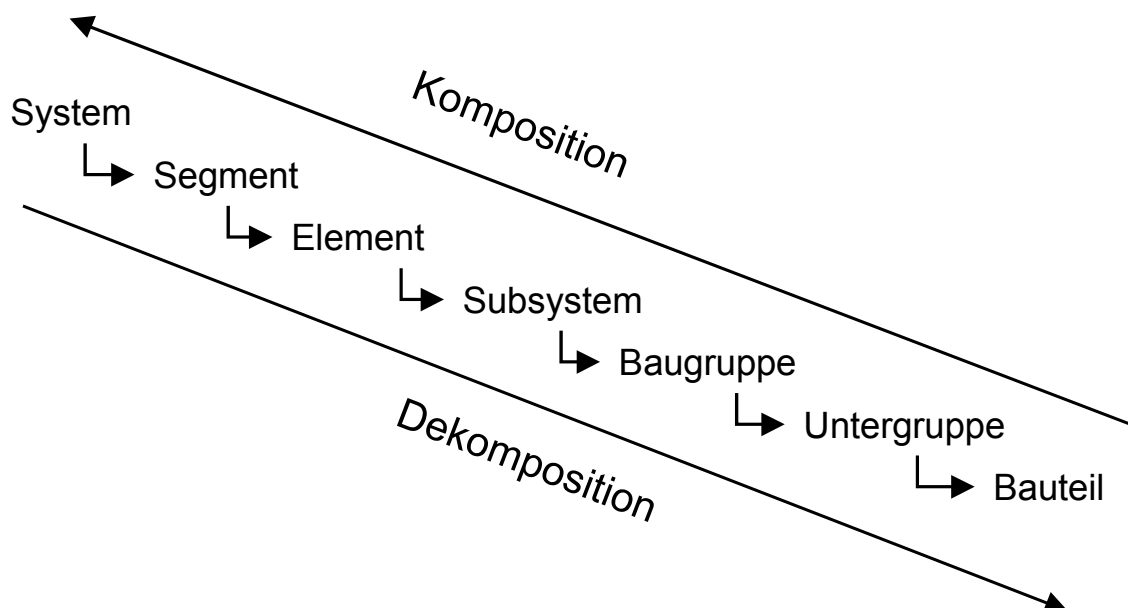


Bild 2.3: Architektur eines Systems (nach [Nasa 1995])

Ein System wird in der Systems Engineering Philosophie in seiner generischen Definition (s. o.) benutzt, könnte somit zum Beispiel auch ein komplexes, sozioökonomisches System darstellen. Im Rahmen dieser Arbeit soll ein System als Spezifikation eines Produktes eines fertigenden Unternehmens dargestellt werden. Ein Produkt ist somit die physikalische Realisierung eines Systems.

In der Anwendung werden oft die Begriffe Produkt und System gleichwertig benutzt. Innerhalb des Systems Engineering ist jedoch explizit zwischen den Begriffen System und Produkt zu unterscheiden.

Definition: Produkt

„Ein Produkt ist ein System, welches von fertigenden Unternehmen zum Zwecke der Vermarktung und Anwendung durch die Kunden hergestellt wird.“

Das Hauptziel des Systems Engineering ist es, ein System so zu entwickeln, fertigen und operieren, dass es die gestellten Anforderungen möglichst kosteneffizient erfüllt. Dieses Ziel wird erst durch die Illustration der Begriffe Kosten und Effektivität, sowie dem daraus zusammengesetzten Begriff der Kosteneffektivität deutlich, wie in der Folge definiert.

Definition: Kosten Die Kosten eines Systems sind die vorbestimmten Werte der Ressourcen, die benötigt werden, um ein System zu entwickeln, fertigen und operieren.

Definition: Effektivität

Die Effektivität eines Systems ist ein quantitatives Maß für den Grad der Erfüllung der an das System gestellten Anforderungen.

Definition: Kosteneffektivität

Die Kosteneffektivität ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen Kosten und Effektivität eines Systems in Bezug auf dessen zu erfüllende Aufgaben und Ziele.

Diese Definitionen verdeutlichen stark den Charakter der Systems Engineering Philosophie. Die Verknüpfung von Werten (Kosten) und Erfüllungsgrad (Effektivität)

tät) stellt die Grundlage für die Systems Engineering Workflows dar, deren ständiges Hauptziel die Optimierung eines Systems ist.

2.2.2 Die Systems Engineering Vorgehensweise

Die Vorgehensweise beim Systems Engineering kann ähnlich der VDI Richtlinie 2221 als Prozessabfolge dargestellt werden (**Bild 2.4**). Die hier dargestellten Prozesse sind auf jedes Teil unabhängig von dessen Position in der Systemhierarchie anwendbar. Dieses Konzept dient neben der Entwicklung und Überarbeitung von Produkten auch der Unterstützung des Lebenszyklus eines Produktes (engl.: product life cycle support, PLCS). Dies unterstreicht die starke Ausrichtung dieser Vorgehensweise in der Betrachtung eines Systems über seinen gesamten Lebenszyklus. Es stellt somit einen Unterschied zur VDI 2221 dar, die sich im Wesentlichen auf die Konstruktionsphase eines Produktes beschränkt.

Am Beginn der Prozesskette steht die Anforderung nach der Erfassung einer Aufgabe. Dies kann die Entwicklung oder Verbesserung eines bestehenden oder neuen Systems sein.

2.2.2.1 Erfassung und Bereitstellung

Vom technischen Management werden die Pläne, Direktiven und Vorgaben für die Ausführung von Geschäftsprozessen bereitgestellt. Diese Informationen werden im Erfassungs- und Bereitstellungsprozess verarbeitet. Dieser Arbeitsschritt dient dazu, dass die Entwickler mit einem anderen Beteiligten Einverständnis über die Ausführung einer bestimmten Arbeit oder über die Ablieferung eines gewünschten Produktes erlangen. Ein solches Einverständnis kann zwischen verschiedenen Unternehmen oder Organisationseinheiten innerhalb eines einzelnen Unternehmens erfolgen. Die Form eines solchen Einverständnisses ist in der Regel innerhalb des Unternehmens eine Arbeitsanweisung, ein Arbeitspaket oder die Arbeitsgenehmigung. Zwischen Unternehmen sind solche Einverständnisse als formale Verträge über die Fertigstellung eines Produktes oder Kooperation entsprechend eines Ausführungsplans festgehalten. Die Aufteilung in Erfassung und Bereitstellung impliziert die Anwendung von Rollen in diesem Konzept. Der Entwickler beziehungsweise Konstrukteur eines Systems kann in diesem Zusammenhang entweder die Rolle des Erfassers oder des Bereitstellers oder beides annehmen.

Als Bereitsteller soll der Konstrukteur ein Einvernehmen mit dem Erfasser erreichen und erfüllen. Dies beinhaltet beispielsweise Festlegen des Einvernehmens in der Form einer formalen Dokumentation, wie zum Beispiel eine Anforderungsliste, oder aber auch das zur Verfügung stellen von Teilen oder Ergebnissen entsprechend der festgehaltenen zeitlichen und formalen Grenzen.

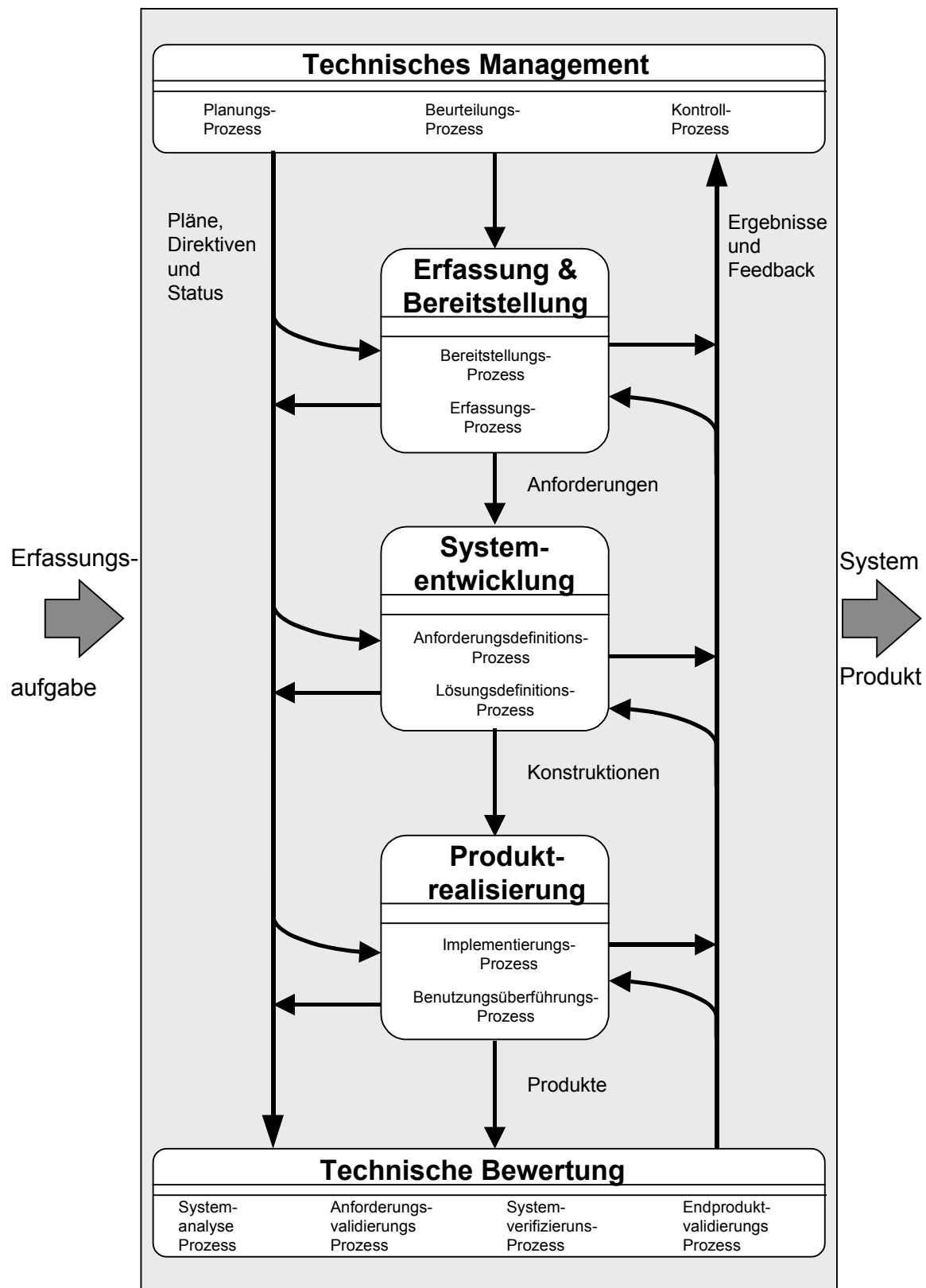


Bild 2.4: Vorgehensweise des Systems Engineering (nach [EIA 1998])

Der Erfasser hat in diesem Kontext zwei wesentliche Aufgaben zu erfüllen: Alle wesentlichen Information (Wissen) über das zu entwickelnde Produkt zu erfassen und die Aufgaben des Bereitstellers zu überwachen und zu kontrollieren, um sicherzustellen, dass der technische Aufwand, der vom Bereitsteller ausgeübt wird, dazu verwendet wird, dass die zu entwickelnden Endprodukte exakt den Spezifikationen (Anforderungsliste) entsprechen. Er übt somit eine Art Manageraufgabe gegenüber dem Bereitsteller aus.

Man erkennt hier deutlich, dass diese Aufgaben den charakteristischen Aufgaben innerhalb eines Produktentwicklungsprozesses entsprechen. Typischerweise kann man dies zum Beispiel auf das Verhältnis Kunde (Erfasser) – Zulieferer (Bereitsteller) beziehen. Es ist jedoch nicht auf eine spezifische Phase des Produktlebenszyklus beschränkt, wie zum Beispiel die Auftragserstellungsphase, sondern umfasst immer den gesamten Produktlebenszyklus. Gerade diese generische, zeitlich unabhängige Definition von Rollen und deren unbekannte Terminologie lässt den Leser zunächst in Unklarheiten, da dieser in der Regel gewohnt ist, in anderen Schemata und Klassifizierungen zu denken. Durch entsprechende Illustrationen und Beispiele gewinnt der Leser jedoch schnell wieder den Bezug zu entsprechenden, ihm gewohnten Prozessen und Aufgaben, wie etwa in der VDI 2221.

2.2.2.2 Technisches Management

Die Prozesse des technischen Managements dienen der Planung, Beurteilung und Kontrolle der zu erfüllenden Aufgaben, um ein System entsprechend der festgelegten Rahmen zu entwickeln.

Diese Prozesse werden sequentiell und bei Bedarf iterativ ausgeführt, d. h. das Resultat des einen Prozesses ist die Eingangsinformation für den nächsten Prozess. Dabei ist jedoch nicht exakt definiert, wie oft diese Schleife durchlaufen wird, um ein übergreifendes Resultat zu liefern. Das technische Management kann somit als Metaprozess für diese einzelnen Prozesse bezeichnet werden.

Die Eingangsinformationen sind in der Regel Erfassungsdokumente, Einverständnisse, Ergebnisse anderer Prozesse der Vorgehensweise oder Feedback aus unbestimmten Bereichen des Produktlebenszyklus (**Bild 2.4**).

Der Planungsprozess dient der Unterstützung des Unternehmens und der Projektleitung um Entscheidungen zu treffen und notwendige technische Projektpläne zu entwickeln. Innerhalb dieses Prozesses wird eine Strategie entwickelt, um bestimmte Ziele technisch umsetzen zu können. Diese Strategie enthält im Wesentlichen die Definitionen von Aufgaben, einen exakten Zeitplan und Organisationsstrukturen, technische Ausführungspläne und Arbeitsanweisungen. Diese Pläne und Direktiven werden als Eingang sowohl für den Kontroll- als auch den Beurteilungsprozess benutzt.

Der Beurteilungsprozess wird durchgeführt, um den Fortschritt gegenüber den Plänen und Anforderungen zu gewährleisten. Durch technische Überprüfungen einzelner Bereiche werden bestimmte Zustände festgehalten, die der Kontrolle dienen.

Im Kontrollprozess werden Ergebnisse anderer Prozesse überwacht und kontrolliert: Erfassung und Bereitstellung, Systementwicklung, Planung, Beurteilung, Produktrealisierung und Technische Bewertung. Der Kontrollprozess ist somit als eine zentrale Aufgabe innerhalb des Systems Engineering zu verstehen, in der alle Informationen bezüglich der Erfüllung und Erfassung von bestimmten Aufgaben zusammenlaufen und ausgewertet werden. Dies ermöglicht eine schnelle Reaktion auf eventuelle Abweichungen von den Plänen und Anforderungen, so dass diese so früh wie möglich korrigiert werden können. Weiterhin werden in diesem Prozessschritt alle erforderlichen und angeforderten Informationen zwischen den einzelnen beteiligten Personen entsprechend der Regelungen der Abkommen, Unternehmensstrukturen, Vorgehensweisen und der Projektpläne verwaltet und verbreitet. Man könnte dies somit als eine zentrale Aufgabe „Informationsmanagement“ bezeichnen.

2.2.2.3 Systementwicklung

Der Systementwicklungsprozess entspricht nicht der landläufigen Interpretation einer allumfassenden Methodik zur vollständigen Erstellung eines Systems von der Planung bis zur Umsetzung. Es handelt sich hierbei vielmehr um die Aufgabe der Spezifikation. Nach Systems Engineering Denkweise ist ein System entwickelt, wenn es exakt definiert ist. Dies beinhaltet noch nicht eine etwaige technische Umsetzung oder Realisierung eines Systems. Dies stellt lediglich alle dazu benötigten Randbedingungen und Anforderungen zur Verfügung.

Innerhalb dieser Prozesskette werden zwei Bereiche immer wieder genau definiert, aufgeteilt und verfeinert und erneut spezifiziert, die Anforderungen an ein System und die entsprechenden Lösungen.

Zunächst werden alle Anforderungen aller an der Entwicklung des Systems beteiligten Personen identifiziert, erfasst und verwaltet. Sie werden übergeleitet in eine Liste von validierten, technischen Anforderungen an das System. Diese werden in Folge in eine Lösung zur Systementwicklung transformiert, welche durch so genannte spezifizierte Anforderungen definiert wird. Diese spezifizierten Anforderungen können in der Form von textuellen Spezifikationen, Zeichnungen, Modellen oder anderen Entwicklungsdokumenten abgelegt werden.

Diese Anforderungen werden benutzt, um:

- die Endprodukte zu erstellen, zu programmieren, zusammenzusetzen und zu integrieren

- die Endprodukte dagegen verifizieren zu können
- einen Zulieferer mit den benötigten Spezifikationen zu versorgen, um das (Teil-) produkt entsprechend dieser Vorgaben exakt herzustellen und liefern zu können

Dieser Bereich der Systementwicklung wird partiell auch als Anforderungsengineering bezeichnet. Der gesamte Prozess der Lösungsfindung und –spezifikation wird hier vereint auf der Grundlage von Anforderungen. Es ist somit leicht zu erkennen, dass gerade dieser Bereich des Anforderungsmanagement sich in seiner Bedeutung aber auch im Umfang wesentlich von dem Umgang mit Anforderungen in der VDI 2221 unterscheidet.

Die exakte und vollständige Erfassung, Aufbereitung und Verarbeitung von Anforderungen an ein System kann über einen Auftrag oder ein Projekt entscheiden. Dennoch wird in anderen Domänen, wie zum Beispiel der Softwareentwicklung, diese Art des Anforderungsmanagement, oder auch Anforderungsengineering, deutlich intensiver und häufiger angewandt als zum Beispiel im Maschinenbau. Weiterführende Literatur zum Thema des Anforderungsengineering stellen hier [Maca 1996] und [KoSo 1998] dar.

2.2.2.4 Produktrealisierung

Der Produktrealisierungsprozess umfasst die Umsetzung der spezifizierenden Anforderungen an ein oder mehrere Endprodukte und deren Einführung in Anlehnung an die Anforderungen der Kunden.

Im Unterprozess der Implementierung werden die spezifizierten Konstruktionslösungen in ein Endprodukt umgesetzt, welches den spezifizierten Anforderungen entspricht. Bei der physikalischen Integration eines Produktes muss sichergestellt werden, dass interne und externe Schnittstellen des Produktes (einschließlich Mensch-Maschine Schnittstellen) gemäß der Spezifikation existieren und funktionieren, sowie dass alle festgehaltenen Funktionen, Modi und Stati erfüllt und realisiert sind.

Wenn die Produkte somit bezüglich ihrer Anforderungen verifiziert sind, werden sie im Benutzungsüberführungsprozess weiter verarbeitet. Dieser Prozess umfasst im Wesentlichen zwei Schritte: Die Lieferung des Produktes an die entsprechenden Orte. Dazu werden die entsprechenden Benutzungsbedingungen für den Erfasser (hier zum Beispiel: Kunden) mitgeliefert. Die entsprechende Einweisung und Ausbildung der Installateure, Operateure und des Wartungspersonals gehört ebenfalls zu diesem Prozess.

An dieser Stelle der Benutzungsüberführung überschreitet das Systems Engineering definitiv die Grenzen einer klassischen Produktentwicklung, welche mit der eigentlichen Fertigstellung des Produktes abschließt. Dies unterstreicht noch-

mals zwei Punkte: Systems Engineering ist produktlebenszyklusübergreifend und wird in der Regel in Domänen mit sehr komplexen Produkten eingesetzt, die maximal in Kleinserien gefertigt werden.

2.2.2.5 Technische Bewertung

Der Prozess der technischen Bewertung wird stets von den anderen, zuvor genannten Prozessen initiiert und ausgelöst. Innerhalb dieser Prozessklasse sind vier andere Prozesse zusammengefasst: Systemanalyse, Anforderungsvalidierung, Systemverifizierung und Endproduktvalidierung.

Der Systemanalyseprozess benutzt die Ergebnisse der drei anderen Prozesse als Eingangsparameter für die Analyse des Systems. Er bietet die Grundlage für die Entscheidungshilfe in technischen Fragen, für die Fortschrittsbestimmung in Bezug auf die spezifizierten Anforderungen, dient als Unterstützung von Risikomanagement und garantiert, dass Entscheidungen nur nach entsprechender Evaluierung von Kosten, Effektivität und Risiken getroffen werden. Dies stellt den Bezug her zu dem zuvor eingeführten Begriff der Kosteneffektivität, auf dem das Systems Engineering beruht.

Die Systemanalyse wird in drei Bereiche aufgeteilt:

- **Effektivitätsanalyse**

Die Effektivitätsanalyse dient der Quantifizierung der Überprüfung der Erfüllung von den an das System gestellten Anforderungen, als Grundlage der Entscheidungsfindung.

- **Abwägung (engl. Tradeoff analysis)**

Die Abwägbewertung soll die Entscheidungsträger mit Empfehlungen, Alternativen und anderen wesentlichen Informationen zur Entscheidungshilfe versorgen.

- **Risikoanalyse**

Die Risikoanalyse soll Strategien entwickeln, um Risiken zu minimieren und bei eintretenden Risikofällen einen Plan zur Abwehr zur Verfügung stellen. Die Bewertung von Risiken fließt ebenfalls in die Entscheidungsfindung ein.

Der Prozess der Anforderungsvalidierung wird im Systems Engineering als wesentlich für den Erfolg oder Misserfolg eines Systems angesehen. Erst die Validierung einer Anforderung macht sie zu einer gültigen und somit auch vertraglich bindenden und korrekten Anforderung. Die Anforderungsvalidierung ist integriert im Anforderungsmanagement und liefert die Grundlagen für die Systementwicklungsprozesse.

Der Systemverifizierungsprozess dient der Überprüfung, dass die aus den spezifizierten Anforderungen entwickelte Systemlösung konsistent mit den Grundanfor-

derungen ist. Das Resultat ist die Bestätigung, dass das Endprodukt den Status der Fertiggestellttheit erreicht hat (engl.: product readiness). Dies stellt somit die Grundlage für die Fertigung, Auslieferung, Montage, Einweisung, etc. dar.

Der Endproduktvalidierungsprozess stellt die Überprüfung des Endproduktes gegenüber den speziellen Anforderungen des Erfassers (zum Beispiel: Kunde, Bediener oder Benutzer). Da das Endprodukt immer eine Aggregation der Systemlösung ist, sind hier immer für das einzelne Endprodukt verschiedene Anforderungen zu betrachten.

2.2.3 Vergleich mit der Richtlinie VDI 2221

Je nach Betrachtungsweise entdeckt man zwischen der VDI Richtlinie 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ und dem Systems Engineering Standard zur „Entwicklung von Systemen“ eine große Anzahl von Gemeinsamkeiten, aber auch ebenso viele Unterschiede. An dieser Stelle sollen kurz die wichtigsten Unterschiede wertfrei aufgelistet und beschrieben werden, um dem Leser die Möglichkeit des Vergleiches geben zu können.

- Systems Engineering ist domänenübergreifend.

Obwohl Systems Engineering zur Zeit fast ausschließlich in der Luft- und Raumfahrttechnik eingesetzt wird, ist die Anwendung auch in anderen Bereichen denk- und realisierbar, da es auf sehr generischen Grundsätzen beruht. Die VDI 2221 ist überwiegend auf den fertigenden Sektor beschränkt, obwohl es auch Ansätze gibt diese zum Beispiel auf das Softwareengineering anzuwenden. Dadurch ist es möglich, spezieller in der Formulierung von Prozessen und Abläufen zu sein.

- Systems Engineering ist produktlebenszyklusübergreifend.

Die VDI 2221 schließt mit der Fertigstellung des Produktes nach der Ausführung der Produktdokumentation. Im Systems Engineering wird der komplette Inbetriebnahmeprozess (engl.: Transition to use) innerhalb des Konzepts mit berücksichtigt. Inzwischen implementieren die Luft- und Raumfahrtkonzerne auch explizit den Benutzungsprozess und die anschließende Verwertung des Systems nach seiner Laufzeit.

- Der Systems Engineering Einsatz ist hierarchieunabhängig.

Während die VDI 2221 von einer Neukonstruktion eines gesamten Systems ausgeht, wird das Systems Engineering auch auf beliebige Einzelteile in der Dekomposition in beliebigen Produktlebenszyklusphasen angewandt. Im Systems Engineering steht die Systemoptimierung im Vordergrund, in der VDI Richtlinie steht die Neuentwicklung eines Produkts im Vordergrund.

- Systems Engineering ist rollenbasiert.

Die Anwendung von Rollen gestaltet den Einsatz des Systems Engineering insbesondere auf Grund der Vielzahl von klar definierten Aufgaben und Prozessen innerhalb eines erweiterten Unternehmens deutlich einfacher als mit der Konstruktionsmethodik nach VDI 2221. Das Concurrent Engineering kann sofort unterstützt werden, da der gesamte Entwicklungsworkflow schon rollenbasiert definiert ist.

- Systems Engineering ist anforderungsbasiert.

Das Management oder Engineering von Anforderungen stellt den Kern der Systementwicklung beim Systems Engineering dar. Durch die Erfassung, Verwaltung und Aufbereitung aller Anforderungen entsteht ein konsistentes Gerüst zur Lösung und Spezifikation eines Systems. In der VDI 2221 wird die Lösungsspezifikation auf Basis einer Funktionsstruktur erfüllt.

- Systems Engineering beinhaltet ein Konzept zum zentralen Informationsmanagement.

Der Bereich des technischen Managements umfasst im Systems Engineering den Punkt des zentralen Informationsmanagements. Hier wird jegliche wesentliche Information zur Systemgestaltung verwaltet. Dieses Konzept existiert in der VDI Richtlinie explizit nicht. Dort ist jede Person in ihrer Aufgabe selbst für die Beschaffung von benötigten Informationen verantwortlich.

2.3 Wissensmanagement

Im ersten Kapitel wurde einführend die historische Entwicklung von Wissensmanagement, sowie die wachsende Bedeutung in allen Bereichen, insbesondere im industriellen Einsatz, erläutert. Dieser Abschnitt soll die grundlegenden Prozesse des Wissensmanagement darstellen, um eine Grundlage für die nachfolgenden Implementierungen zu geben. Die wichtigsten Begriffe und Definitionen zum Verständnis werden danach in einem separaten Kapitel behandelt.

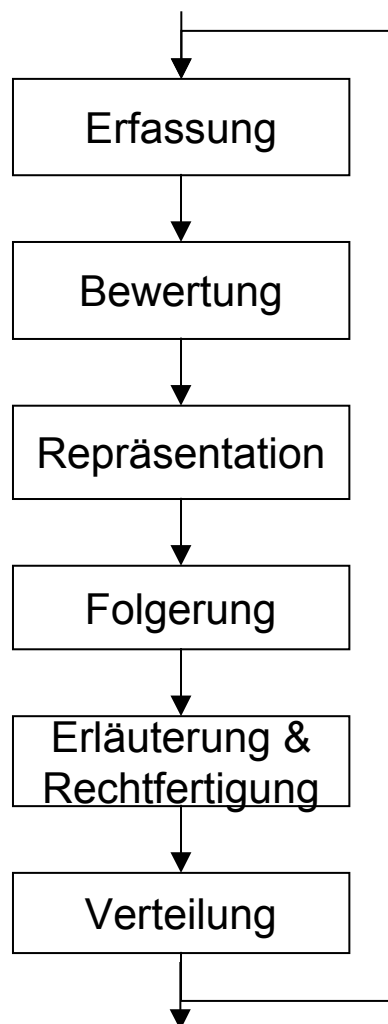


Bild 2.5: Übersicht über die Wissensmanagementprozesse

In **Bild 2.5** sind die wesentlichen Prozesse dargestellt, die Wissensmanagement in diesem Kontext definieren. Hauptsächlich handelt es sich dabei um eine sequentielle, iterative Prozesskette, die je nach Bedarf mehrfach durchlaufen werden kann.

Wissensmanagement ist keine allein stehende Disziplin, sondern wird immer nur in Zusammenhang mit einem anderen Kontext durchgeführt. Dieser Kontext ist in der Regel ein Prozess oder ein Workflow, der zu einem bestimmten Zweck, zum Beispiel der Entwicklung eines Systems, durchgeführt wird. Er ist somit als Optimierung der natürlichen Wissensverbreitung zwischen Personen innerhalb der Geschäftsprozesse zu sehen und wird in der Regel in diese Prozesse integriert. Erst die Integration liefert dann den Zusammenhang zwischen Personen und Objekten der Geschäftsprozesse sowie der in Folge beschriebenen Wissensmanagementprozesse.

Zu Beginn steht die Erfassung des Wissens. Es ist die Gewinnung von Wissen aus verschiedenen Quellen der Expertise. Diese Wissensquellen können in der Regel sehr vielschichtig sein. Dokumentierte Quellen sind zum Beispiel Bücher, Dateien, Videos und ähnliches. Bei undokumentierten Quellen handelt es sich um das Wissen, welches sich in den Köpfen der Personen befindet.

Wissen kann hier aber auch in verschiedene Kategorien eingeteilt werden. Deskriptives Wissen (Fakten) beinhaltet Informationen über Bedeutungen, Rollen, Aktivitäten und Zusammenhänge eines Objekts. Prozedurales Wissen (Folgerungen) bezieht sich auf die Prozesse, welche im Problemlösungsprozess angewandt werden, hier zum Beispiel die systemtechnische Problemlösung nach [VDI 1993]. Wesentliche Probleme bei der Wissenserfassung können zum Beispiel der Transfer, die Strukturierung oder die mehrdeutige Beschreibbarkeit des Wissens sein. Die Wissenserfassung kann dabei entweder von Personen durchgeführt werden, die durch die Anwendung unterschiedlicher Methoden, wie zum Beispiel Interviews, Brainstorming, etc., das Wissen der Experten zu extrahieren versuchen, oder sie kann zum Beispiel rechnergestützt, durch intelligente Agenten selbständig durchgeführt werden.

Die Bewertung des erfassten Wissens schließt die Überprüfung und Einordnung des Wissens in einen Gesamtkontext ein. Das Wissen wird auf mögliche Fehler oder auf Inkonsistenzen mit anderen Wissensbausteinen des Gesamtkonzeptes überprüft. Erst nach Abschluss der Bewertung ist eine weitere Bearbeitung des Wissens sinnvoll. Bei einer automatisierten Überprüfung des Wissens ist der hier folgende Schritt der Repräsentation zunächst vorzuziehen. Denn nur durch die Verwendung einer unabhängigen Repräsentation ist es möglich, solche Prozesse automatisiert durch Computer durchführen zu lassen. Ob diese Prozesse automatisiert oder von Menschen gesteuert durchgeführt werden, hängt im Wesentlichen vom Umfang und von der Spezialisierung der Thematik ab.

Die Repräsentation von Wissen stellt die Transformation des Wissens aus seinem originären Format in ein zuvor festgelegtes Format dar, in welches alle Wissenstypen eines Zusammenhanges eingegliedert werden können. Die Bandbreite von Wissensrepräsentation kann hier, wie die Interpretation der gesamten Metho-

dik selbst, sehr groß sein. Sie variiert von der Repräsentation sehr spezieller Anwendungen in neuronalen Netzen bis hin zu allgemeinen, non-formalen Formulierungen in Textdokumenten. Welche Form der Repräsentation geeignet ist, hängt stark von den Geschäftsprozessen ab, in die es integriert werden soll.

Als Folgerung wird der Prozess bezeichnet, in dem die Schlüsse aus der Benutzung und Anwendung des vorhandenen Wissens, entweder als einzelnes Fragment oder in einer Struktur mit anderen Wissensobjekten, ermittelt werden. Eine Folgerung kann zum Beispiel eine Priorisierung oder Vorgabe bestimmter Vorgehensweisen auf der Grundlage existierender Erfahrungen sein, da diese die Geschäftsprozesse qualitativ und quantitativ positiv beeinflussen.

Im Prozess Erläuterung und Rechtfertigung werden die Wissensobjekte durch zusätzliche Erläuterungen verdeutlicht, um dem Benutzer, der auf diese Objekte zugreift, zusätzliche Informationen zur Interpretation geben zu können. Diese Erläuterungen stellen in der Regel ein eigenes Wissensobjekt dar, welches über Relationen mit dem Ursprungsobjekt verknüpft wird. Beim Aufteilen von Wissensobjekten in untergeordnete Wissensobjekte (Herunterbrechen) wird eine hierarchische Struktur erstellt, ähnlich der Struktur von Funktionen oder Anforderungen. Dieser Prozess wird ebenfalls in Erläuterungen festgehalten, um das Rationale für die Zerlegung der Wissensobjekte festzuhalten. Die einzelnen Wissensobjekte, sowie deren Relationen werden somit im Gesamtkontext gerechtfertigt. Ungerechtfertigte Objekte werden dabei umgeändert oder entfernt. Ungerechtfertigte Objekte sind zum Beispiel diejenigen, welche im Wissensmanagementkonzept des Unternehmens nicht vorgesehen sind und somit nicht benötigt werden.

Der Prozess der Wissensverbreitung lässt sich im Wesentlichen in die Bereiche der aktiven und passiven Wissensverteilung unterteilen. Unter aktiver Wissensverteilung versteht man die Übermittlung von Wissen an bestimmte Personen innerhalb des Unternehmens. Dies kann zum Beispiel eine mündliche Mitteilung, eine Email, ein Verweis auf ein Dokument oder ähnliches sein. Systems Engineering beinhaltet schon ein Konzept zum zentralen Informationsmanagement. Eine Integration von aktiver Wissensverteilung lässt sich somit an dieser Stelle sehr gut in bereits bestehende Geschäftsprozesse unter der Systems Engineering Methodik implementieren.

Die passive Wissensverteilung beinhaltet die Realisierung eines Konzeptes, mit dem man Wissen unter Berücksichtigung vorgegebener Berechtigungs- und Authentifizierungsstrukturen innerhalb einer Organisation zur Verfügung stellen kann. Diese Methode der passiven Verteilung hat den wesentlichen Vorteil, dass Personen gezielt das Wissen bei Bedarf abfragen können und nicht in ihren Geschäftsprozessen von kontinuierlichen Überladungen von Mitteilungen überhäuft werden. Zudem erlaubt die rechnergestützte Vermittlung von Wissen weitere Methoden

der Wissensverarbeitung, wie zum Beispiel eine Bewertung, statistische Auswertung oder Evaluierung des Wissens durch die Anwender.

Das Wissen kann zum einen zur Ausführung der Geschäftsprozesse benutzt werden. Zum anderen kann das aus dieser Erarbeitung resultierende Wissen direkt wieder in die Wissensbasis eingegeben werden. Dies erlaubt eine ständige Aktualität und Erweiterung der Wissensbasis eines erweiterten Unternehmens. Man spricht dann auch von dynamischem Wissensmanagement.

2.4 Kriterien an ein übergreifendes Wissensmanagementkonzept

In den ersten drei Abschnitten dieses Kapitels wurden grundlegende Methodiken, welche für die Aufgabenstellung dieser Arbeit von Bedeutung sind, beschrieben, bewertet und verglichen. Für den Bereich der Produktentwicklung wurde von der klassischen Konstruktionsmethodik (hier nach der VDI-Richtlinie 2221) ausgegangen. Der Hintergrund dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Konzepts, welches unter anderem die Entwicklung von Produkten in einem visionären Kontext betrachtet. Es ist somit zu hinterfragen, ob eine solche Konstruktionsmethodik die daraus resultierenden Anforderungen erfüllen kann. Diese Arbeit bezieht sich auf die Entwicklung sehr komplexer Güter und Produkte. Dies wären zum Beispiel Flugzeuge, Schiffe, Anlagen, Computer oder ähnliches. Diese werden in zunehmendem Maße von Unternehmen entwickelt, deren Strukturen und Ziele nicht mehr den klassischen entsprechen. Die Konstruktionsmethodik geht jedoch nicht auf die neuen, daraus resultierenden Anforderungen einer gemeinschaftlichen Produktentwicklung ein, ebensowenig wie auf eine explizite Unterstützung des Lebenszyklus des Produktes. Dies konnte bereits durch den Vergleich mit der Systems Engineering Vorgehensweise verdeutlicht werden.

Wesentliche Anforderungen, welche aus dieser neuen Situation entstehen, wie zum Beispiel das domänen- und produktlebenszyklusübergreifende Arbeiten, sowie rollenbasierte, hierarchieunabhängige Produktentwicklung sind bereits im Systems Engineering integriert und werden erfolgreich angewandt.

Wie bereits im ersten Kapitel vorgestellt, werden die Unternehmen der Zukunft einen Wandel hin zu wissensbasierten Gesellschaften vollziehen. Dieser Wandel wird den entsprechenden Firmen bei konsequenter Implementation und Anwendung einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil gegenüber den Konkurrenzunternehmen einräumen. Dies führt eindeutig zu einem verstärkten Druck auf die Industrie, sich diesem Wandel zu beugen und zukünftig den Einsatz von Wissensmanagement im erweiterten Unternehmen gezielt einzuführen und zu stärken, um die Konkurrenzfähigkeit zu erhalten. Dies sind Anforderungen, die ein gemeinschaftlicher Systems Engineering Ansatz nicht erfüllen kann. Wissensmanagement stellt somit eine „conditio sine qua non“ für die Unternehmen der Zukunft dar.

Die generelle Vorgehensweise und das Prinzip von Wissensmanagement wurde im Anschluß an die Produktentwicklungsmethodiken beschrieben. Dort wurde aufgezeigt, dass Wissensmanagement ein effizientes Hilfsmittel für die Verwaltung und Benutzung von Wissen innerhalb einzelner Unternehmen oder deren Bereiche sein kann.

Klassische Methoden der Produktentwicklung wie zum Beispiel das methodische Konstruieren nach der VDI Richtlinie 2221 oder die Systems Engineering Vorge-

hensweise beziehen aber die Vorzüge des Wissensmanagement nicht mit ein. Aktuelle Wissensmanagementansätze in Unternehmen sind zumeist isolierte Systeme, welche eine Erweiterung auf andere Bereiche in den Unternehmen nicht zulassen. Ausserdem werden die wesentlichen Aspekte der wissensbasierten Zusammenarbeit innerhalb der Struktur eines erweiterten Unternehmens nicht unterstützt. Ebenso wenig findet in der Regel eine vollständige Unterstützung des Produktlebenszyklus, wie es zum Beispiel beim Systems Engineering vorliegt, bei der Implementation von Wissensmanagement nicht statt. Es fehlt somit bislang ein Konzept, welches die Aspekte der gemeinschaftlichen Produktentwicklung, unterstützt durch verschiedene Konstruktionsmethodiken, im Rahmen von erweiterten Unternehmen durch die explizite Anwendung von Wissensmanagement integriert. [Riem 2004] schließt diesbezüglich ebenfalls aus der Analyse von Unternehmen des Dienstleistungsbereiches, dass ein geschlossener Plan für die strategiegeleitete integrierte Unterstützung von Wissensmanagement und Geschäftsprozessen durch IT fehlt, die so genannte Praxislücke.

Um diese Praxislücke und das daraus resultierende Potenzial für die Entwicklung eines übergreifenden Wissensmanagementsystems zu verdeutlichen, wurde eine technische Bewertung verschiedener Wissensmanagementsysteme und –ansätze durchgeführt. Die Auswahl der Kriterien und Systeme beruht auf einer Untersuchung von [Riem 2004]. Die Kriterien entsprechen im Wesentlichen den im Vorfeld diskutierten Anforderungen an ein solches System. Die Ergebnisse dieser Bewertung sind in **Tabelle 2.1** dargestellt. Bei den ersten acht Systemen in der Tabelle handelt es sich um aktuelle Ansätze für den Bereich des Wissensmanagement. Allen gemeinsam ist, dass diese zu mehr oder weniger großen Anteilen als Insellösungen „bottom-up“ entwickelt worden sind. In der letzten Spalte ist unter der Abkürzung ÜK (Übergreifendes Konzept) das optimale Modell eines übergreifenden, strategiegeleiteten Wissensmanagementansatzes bewertet. Dies stellt somit das Referenzmaß für die Wertigkeit der einzelnen Systeme dar, auf das die normierte Wertigkeit 1 fällt. Bei den anderen Systemen fällt auf, dass sie durchgehend die Bereiche Informationssysteme, Inhalt und Zusammenarbeit berücksichtigen. Dies ist vor allem auf den Aufschwung der Informationstechnologien und des Collaborative- beziehungsweise Simultaneous-Engineering der letzten Jahre zurückzuführen, welche Entwicklungen in dieser Richtung förderten. Wesentlicher scheint jedoch zu sein, dass die meisten der anderen Kriterien in diesen Systemen nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden. Es kann somit bei keinem der vorhandenen Systeme von einem übergreifenden Wissensmanagementansatz gesprochen werden.

Kriterien	EKM	Ovum	Maier	BKM	Live-link	EKnowledge-suite	KM Product	Humming-bird	ÜK
Strategie	0	1	2	1	0	0	0	0	2
Prozesse	2	0	2	2	0	0	0	0	2
Informationssysteme	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kompetenz	0	0	0	1	0	1	1	0	2
Inhalt	2	2	2	2	2	2	2	1	2
Zusammenarbeit	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kultur	0	1	1	0	0	0	1	0	2
Realisierung	1	1	0	1	2	2	1	2	2
Integration	1	0	1	0	1	1	1	1	2
Wertigkeit	10	9	12	11	9	10	10	8	18
Normierte Wertigkeit	0,56	0,5	0,66	0,61	0,5	0,56	0,56	0,44	1

Tabelle 2.1: Technische Bewertung verschiedener Wissensmanagementsysteme (0 = nicht oder kaum berücksichtigt, 1 = teilweise berücksichtigt, 2 = umfangreich berücksichtigt).

Bild 2.6 stellt schematisch dar, wie Wissensmanagement in die Geschäftsprozesse, hier am Beispiel der Konstruktion eines Produktes, integriert werden kann. Auf der rechten Seite der Abbildung ist der Konstruktionsprozess, hier vereinfacht sequentiell von oben nach unten, dargestellt. Auf der linken Seite ist schematisch die Produktspezifikation dargestellt. Die Ergebnisse der Konstruktionsprozesse stellen in der Regel einen Teil dieser Produktspezifikation dar. Dies bedeutet, dass mit zunehmendem Fortschritt des Konstruktionsprozesses der Gehalt der Produktspezifikation ansteigt, welches schematisch durch die sich vergrößernden Symbole dargestellt ist. Teile dieser Spezifikation werden wiederum als Eingangsparameter für die folgenden Schritte des Konstruktionsprozesses verwendet. Somit ist in der Abbildung links die Daten- und Informationsseite dargestellt und auf der rechten Seite die Prozessseite. Dazwischen kann als Schnittstelle Wissensmanagement beziehungsweise die zugehörigen Prozesse integriert werden. Im Idealfall stellt dies eine für den Anwender transparente Schnittstelle dar. Das bedeutet dass der Benutzer diese in der Ausführung seiner Aufgaben nicht direkt

bemerkt. Dies ist zwar erstrebenswert, jedoch in praxi meist nicht vollständig zu realisieren.

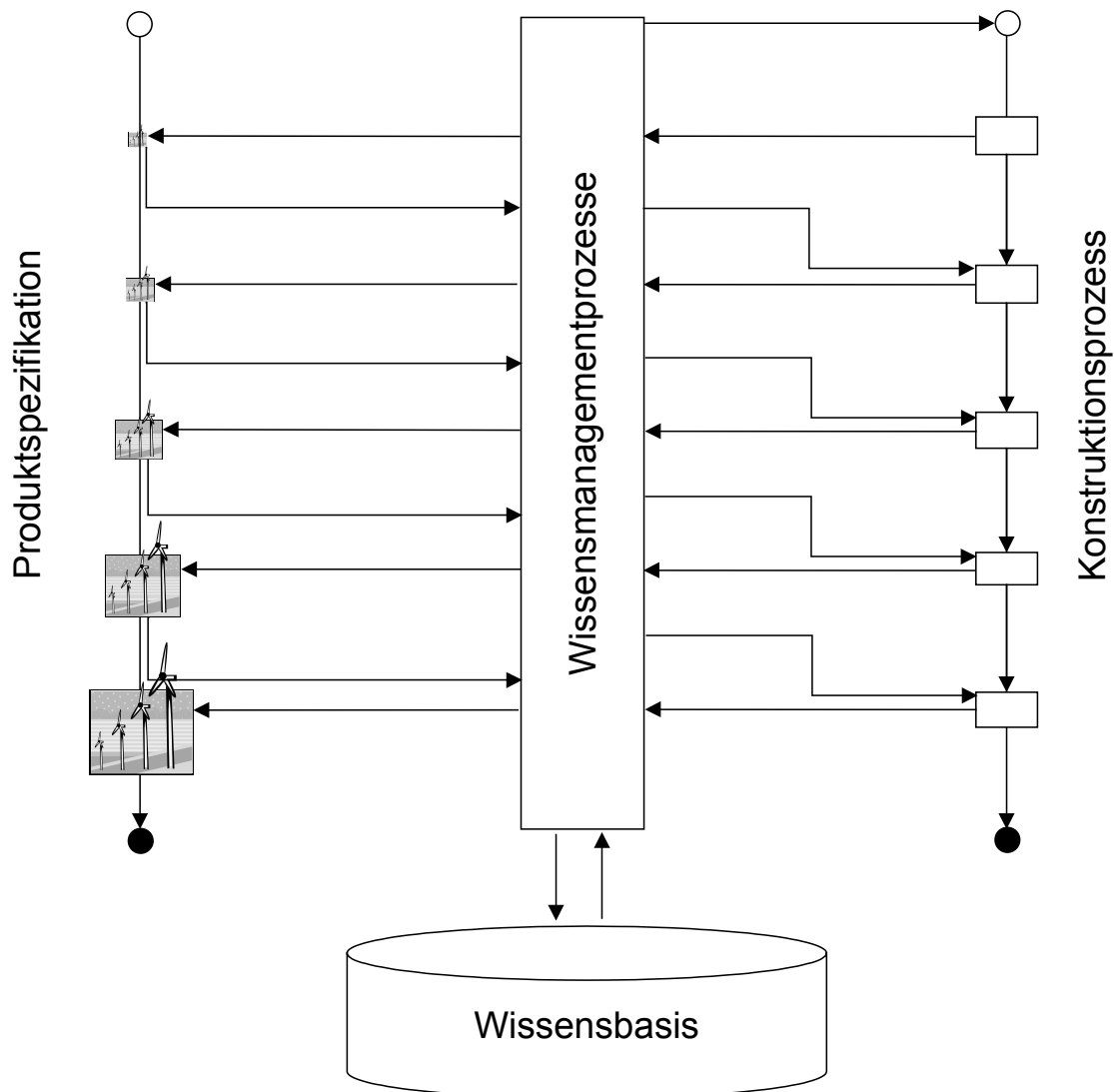


Bild 2.6: Integration von Wissensmanagement in den Konstruktionsprozess

Die Wissensmanagementprozesse verknüpfen somit Daten/Informationen mit Prozessen (hier Konstruktionsprozesse) und legen dies in einer Wissensbasis ab. Dabei ist es von dem Konzept abhängig, ob auch die zugehörigen Informationen über Daten und Prozesse ebenfalls in der Wissensbasis repräsentiert oder aber referenziert werden. Durch die direkte Einbettung von Wissensmanagement zwischen Daten- und Prozessschicht kann eine vollständige Integration erzielt werden, so dass bei jeder Ein- und Ausgabe einzelner Prozessschritte immer Wissensmanagementprozesse ausgelöst und ausgeführt werden können.

Aus der Untersuchung verschiedener Unternehmen des Dienstleistungssektors entstehen laut [Riem 2004] besondere Anforderungen für den Einsatz von Wissensmanagement. Diese können im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht ad-hoc übernommen werden, da sie vornehmlich auf den Dienstleistungssektor beschränkt sind und sich nicht direkt auf fertigende Unternehmen übertragen lassen. Die Anforderungen der Produktentwicklung im Sinne eines methodischen Konstruktions- und Produktentwicklungsvorganges müssen ebenfalls in eine solche Anforderungsliste an ein unterstützendes System eingebracht werden. Spezielle Anforderungen an solche Systeme für die Domäne der Produktentwicklung sind in [Pens 1998] diskutiert.

Die folgende Liste von Anforderungen an die Entwicklung und Implementierung eines solchen Wissensmanagementsystems stellt somit eine Anpassung der Analyseergebnisse an den Einsatz in produktentwickelnden, fertigenden Unternehmen unter Berücksichtigung der daraus resultierenden Aspekte dar.

- Die Geschäftsprozesse innerhalb der Unternehmen werden zum Teil individuell gehandhabt und werden vergleichsweise gering durch Informationssysteme unterstützt. Diese Arbeit soll eine explizite Unterstützung der Geschäftsprozesse durch Wissensmanagement ermöglichen.
- Die Integration von Wissensmanagementsystemen in diese Geschäftsprozesse geschieht meist nur individuell und ist auf sehr kleine Bereiche beschränkt. Es fehlt eine umfassende Strategie, sowie standardisierte und technisch unterstützte Wissensmanagementprozesse. In dieser Arbeit soll eine Strategie entwickelt werden, um ein explizites Wissensmanagementkonzept festlegen zu können und dieses in die Geschäftsprozesse zu integrieren. Die Wissensmanagementprozesse werden im Rahmen dieser Arbeit abgebildet und Rollen zur Umsetzung definiert.
- Zumeist sind die Kompetenzen oder Wissenspotenziale der Mitarbeiter innerhalb des Unternehmens nicht bekannt. In dieser Arbeit wird die zentrale Speicherung von Wissen der Mitarbeiter des erweiterten Unternehmens verfolgt. Dies erzeugt eine Transparenz in Bezug auf das Unternehmenswissen und erleichtert den gezielten Wissenszuwachs und –austausch innerhalb des erweiterten Unternehmens.
- Die Logistik für bestimmte Prozesse basiert oftmals auf Papierformat oder proprietären digitalen Formaten. Dies erschwert die automatisierte, benutzerunterstützte Verwertung von Wissen und damit die Durchführung von Prozessen. Im Rahmen dieser Arbeit soll durch unterschiedliche Arten der Wissensrepräsentation und -formalisierung eine dedizierte Unterstützung der Benutzer im Rahmen der Ausführung ihrer Geschäftsprozesse ermöglicht werden.

- Nebeneinander existieren unterschiedliche Informationssysteme deren Inhalte gegeneinander auf Grund mangelnder Interoperabilität zwischen den Systemen nicht allen Benutzern zugänglich gemacht werden können. Die Integration wichtiger Inhalte aller Informationssysteme in einem durchgängigen Wissensmanagementsystem erleichtert die gemeinschaftliche Verwaltung und Nutzung dieser Informationen zur Unterstützung der Geschäftsprozesse.
- Zumeist scheitern Wissensmanagementsysteme im Einsatz auf Grund der Tatsache, dass sie isoliert und für die Anwender nicht handhabbar sind. Dies führt zu einer deutlich verringerten Akzeptanz bei den Anwendern. Daher soll das in dieser Arbeit vorgestellte Wissensmanagementkonzept übergreifend einsetzbar sein. Des Weiteren wird der Aufwand für alle Beteiligten reduziert, da keine unnützen Formalisierungen und Aufgaben auf die Benutzer übertragen werden.
- Ein schrittweiser Einsatz von Wissensmanagement und die spätere Ausdehnung auf andere Bereiche ist wünschenswert („Think Big – Start Small Projektierung“). Diese Arbeit stellt ein skalierbares und erweiterbares Konzept für die Integration von Wissensmanagement dar und unterstützt explizit die expandierende, schrittweise Integration.

Diese Arbeit stellt sich somit den aktuellen Anforderungen an ein Wissensmanagementsystem für den industriellen Einsatz. Es wird im Folgenden besonderer Wert auf die Unterstützung der Produktentwicklungsprozesse in fertigenden, erweiterten Unternehmen gelegt unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte Integration, Skalierbarkeit und Benutzbarkeit. Bei dem in den folgenden Kapiteln vorgestellten Ansatz handelt es sich um ein revolutionäres Konzept für die Integration von Wissensmanagement, welches nur unter diesen Randbedingungen gültig ist und betrachtet werden soll.

3 Wissensmanagementontologie

Die Spezifikation eines Konzeptes zur Integration von Produktwissensmanagement in erweiterten Unternehmen bildet den Kerngedanken dieser Arbeit. Die Entwicklung solcher Systeme ist einerseits auf Grund unklarer Definitionen zu mehrdeutig und führt nicht zu den erwünschten Erfolgen. Dies liegt vor allem an den zu ungenauen Begriffsbestimmungen der gesamten Wissensmanagement-Thematik, da diese Disziplin immer domänenübergreifend fungiert. Auf der anderen Seite sind sehr exakt definierte Systeme in der Regel sehr speziell und nur auf sehr konkrete Anwendungsfälle anwendbar. Eine Umsetzung in allgemeinere Aufgaben fällt daher oftmals sehr schwer.

Um die Erfassung, Verteilung und Wiederverwendung von formal repräsentiertem Wissen zu gewährleisten, ist es sinnvoll einen gemeinsamen Wortschatz zu definieren, in dem das Wissen repräsentiert werden kann. Eine Spezifikation von einem repräsentativen Vokabular für eine verteilte Domäne – Definitionen von Klassen, Relationen, Funktionen und anderen Objekten – wird als Ontologie bezeichnet [Grub 1993]. Eine Ontologie beschreibt also einen Wissensbereich mit Hilfe einer standardisierenden Terminologie sowie Beziehungen und ggf. Ableitungsregeln zwischen den dort definierten Begriffen. Das gemeinsame Vokabular ist in der Regel in Form einer Taxonomie gegeben [Hess 2002].

Diese Arbeit verfolgt den ontologiebasierten Ansatz zur Beschreibung des Wissensmanagementsystems. Dadurch soll gesichert werden, dass auf der Grundlage von exakten Definitionen immer noch genügend Freiheitsgrade für eine praktikable Integrationsfähigkeit in die Geschäftsprozesse gewährleistet bleibt.

Bild 3.1 stellt den strukturellen Aufbau dieser Ontologie als so genannte Produktwissensmanagementpyramide dar. Sie repräsentiert das entwickelte Gesamtkonzept dieser Arbeit. Anhand der Graphik kann neben der Struktur des Konzeptes auch dessen Entwicklung verdeutlicht werden.

In den fundamentalen Ideen der Informatik werden zwei Reinformen des hierarchischen, modularisierten Entwurfs unterschieden: Die Top-Down Methode und die Bottom-Up Methode [Schw 2004].

[Pens 1998] definiert diese Vorgehensweisen als:

- Top-down Vorgehensweise: Weitgehend ohne Berücksichtigung des Ist-Zustandes wird ein Idealzustand erarbeitet und von oben (Management, Leitungsfunktion) initiiert und oktroyiert. Dies wird als revolutionär bezeichnet
- Bottom-up Vorgehensweise: Von unten (Mitarbeiter, operative Ebene) ausgehend und versuchend, sich mit meist kleinschrittigen Verbesserungen einem Idealzustand zu nähern. Dies wird als evolutionär bezeichnet.

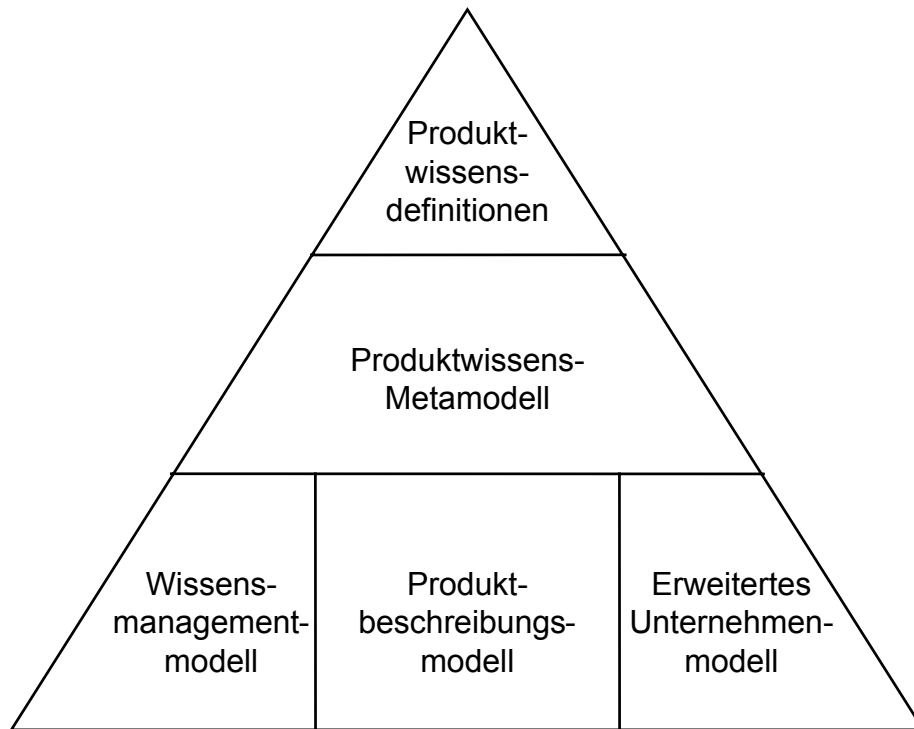


Bild 3.1: Produktwissensmanagementpyramide

Die Erstellung des vorliegenden Konzeptes wurde als Top-Down Entwicklung durchgeführt. Dies bedeutet, dass von einer übergreifenden, abstrakten Ebene begonnen wird und nach unten hin immer detaillierter spezifiziert wird. Dadurch wird eine Integrabilität und Operabilität des Konzeptes und darauf basierender Systeme bis in die untersten Schichten des Modells ermöglicht. Dies stellt einen wesentlichen Unterschied zu aktuellen Wissensmanagementsystemen dar. Diese werden in der Regel auf der untersten Schicht entwickelt und angewandt. Sie sind zumeist stand-alone Lösungen für spezielle Bereiche. Um auf eine höhere Schicht gelangen zu können, müssen diese Systeme dann methodisch, logisch und technisch verbunden werden, welches in der Regel zu großen Interoperabilitätsproblemen führt.

Die Darstellung des Konzeptes als Pyramide repräsentiert den ontologischen Ansatz. An der Spitze der Pyramide stehen die Produktwissensdefinitionen. Hier werden die Grundbegriffe definiert, auf denen die Methodik beruht und die als Grundlage für die weitere Vorgehensweise dienen. Dies kann nach [Hess 2002] als Taxonomie bezeichnet und verstanden werden. Diese Definitionen bilden den Kern des Ansatzes. Dabei werden eventuell vordefinierte Begriffe verwendet, die jedoch in diesem Zusammenhang (in dieser Domäne) neu definiert werden. Sie dürfen und sollen somit nur innerhalb dieses Konzeptes entsprechend verwendet werden.

In der Schicht darunter befindet sich das so genannte Produktwissensmetamodell. Dieses baut auf den zuvor definierten Begriffen des Produktwissensmanagements auf. An dieser Stelle werden den Definitionen bestimmte Objekte, so genannte Klassen, zugeordnet. Neben der reinen Definition und Festlegung von Objekten werden diese auch klassifiziert und durch bestimmte Relationen und Funktionen miteinander verknüpft. Dieses Modell verknüpft über geeignete Schlüsselemente die Bereiche Wissensmanagement, Produktbeschreibung und Erweitertes Unternehmen, welche Rahmen dieses Konzeptes von zentraler Bedeutung sind. Es werden somit die Zusammenhänge entsprechender Partialmodelle festgelegt so dass es sich hierbei um ein formales Gesamtmodell des Wissensmanagementansatzes handelt.

In der dritten Schicht werden drei verschiedene Partialmodelle für die zu kombinierenden Domänen definiert und erläutert. Durch eine Aufteilung in Partialmodelle werden hier folgende Zwecke verfolgt:

- Ein zu großes, monolithisches Modell ist für eine Implementierung in der Regel zu komplex und führt oft zu Missverständnissen, da in der Regel zu viele Entwickler an einem gemeinschaftlichen Ansatz arbeiten.
- Durch die Aufteilung ist es prinzipiell möglich Teile des Gesamtmodells, in diesem Fall ein oder mehrere Partialmodelle, zu ersetzen, ohne das Gesamtkonzept zu verletzen. Dies ist zum Beispiel bei dem Produktbeschreibungsmodell denkbar. Eine Firma könnte bestehende Produktbeschreibungsmodelle (z.B. STEP) behalten und diese über entsprechende Schnittstellen mit den anderen Partialmodellen koppeln. Die Art dieser Schnittstellen ist im Wissensmetamodell gegeben.
- Jedes Partialmodell kann möglichst viele Informationen über seine Struktur vor anderen Modellen verbergen (Geheimnisprinzip). Dadurch wird eine dem Benutzer gegenüber transparente Entwicklung und Implementierung ermöglicht.

In diesen drei Partialmodellen der untersten Schicht werden die Klassen, Funktionen und Relationen für die jeweiligen Bereiche definiert und erläutert. Das Wissensmanagementmodell beschreibt die Prozesse und Rollen zur Durchführung von Wissensmanagement. Im Produktbeschreibungsmodell werden die zur Verarbeitung benötigten Produktinformationen und Strukturen festgelegt. Das Modell des erweiterten Unternehmens beinhaltet alle Spezifikationen, die für eine Integration in solche erweiterte Unternehmen benötigt werden.

3.1 Produktwissensdefinitionen und Begriffsbestimmungen

3.1.1 Definitionen

Die Einführung in den Gesamtkontext gibt die Definition von Wissen vor. Diese Definition ist in **Bild 3.2** illustriert. Die drei wesentlichen Begriffe Daten, Informationen, kognitive Prozesse, die hier verwendet werden, sind in der Folge definiert.

Definition: Daten

Daten sind eine Gruppe diskreter Fakten, welche keine Beurteilung oder Interpretation enthalten.

Der Begriff Daten bezieht sich somit auf unorganisierte Fakten, wie zum Beispiel Werte, Zahlen, Wörter, akustische oder optische Signale. Diese können sehr einfach durch Computer strukturiert und festgehalten werden. Typischerweise werden Daten in Datenbanken gespeichert.

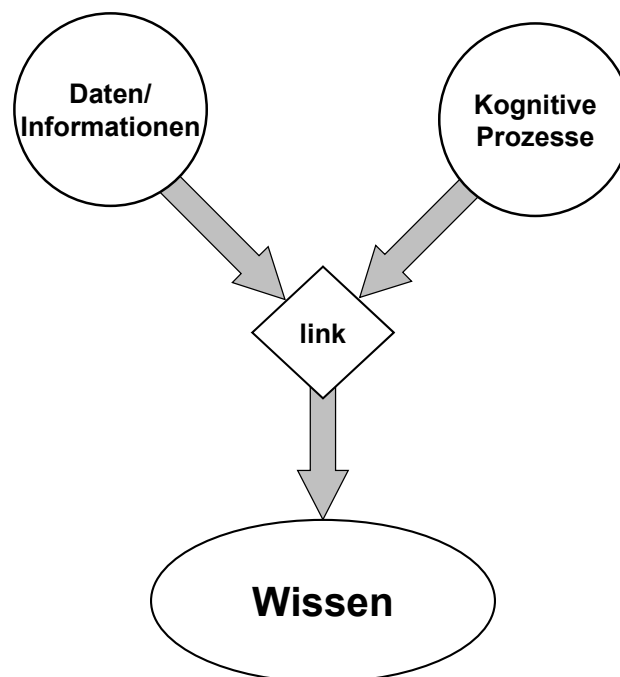


Bild 3.2: Definition von Wissen

Definition: Informationen

Informationen sind Daten, welche in einer bestimmten Weise organisiert, strukturiert, gruppiert oder kategorisiert sind.

Informationen beinhalten also zusätzlich zu den Daten einen gewissen Kontext, der sich in Strukturen oder Klassen ausdrückt. Der Kontext ist durch Veränderungen zum Beispiel der Definition der Strukturen oder Gruppen ebenfalls veränderbar. Informationen sind somit immer organisationsspezifisch, dass heisst immer abhängig von der Organisation, welche die oben angesprochenen Strukturen definiert hat. Eine solche Organisation kann in letzter Instanz eine einzelne Person sein. Im Gegensatz zu Daten ist hier somit schon eine Interpretation oder Bewertung beabsichtigt beziehungsweise implizit vorgenommen.

Definition: Kognitive Prozesse

Kognitive Prozesse sind Regeln, Bedingungen und Prozeduren, welche den Klassen der Wahrnehmung, des Erkennens, des Denkens, des Schlussfolgerns oder des Urteilens oder des Erinnerns zugeordnet sind.

Durch kognitive Prozesse können somit die Daten und Informationen in einen Zusammenhang gebracht und verarbeitet werden. Sie stellen als Ziel in der Regel die Durchführung eines Beurteilungsprozesses dar, in dem Gruppen von Daten und Informationen gegeneinander bewertet und ausgewertet werden. Diese Prozesse entsprechen der menschlichen Vorgehensweise in Evaluierungsprozessen. Es findet hier eine explizite Bewertung statt. Diese Vorgehensweise findet sich in allen Phasen der Entwicklung von Produkten wieder, oftmals im Bereich der Entwicklung als Lösungsfindungs- oder Optimierungsprozess. Eine allgemeine Repräsentation solcher Prozesse kann zum Beispiel als Regelwerk, Leitfaden, Workflow oder aber auch, im Bereich der künstlichen Intelligenz, als neuronales Netz erfolgen.

Definition: Wissen

Wissen ist das Ergebnis der Verknüpfung von Daten bzw. Informationen mit kognitiven Prozessen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen.

Diese Definition von Wissen spiegelt exakt den Kerngedanken dieser Arbeit wider, in welcher Art und Weise Wissen verstanden, erfasst und verarbeitet werden soll. Wissen in diesem Zusammenhang ist das Rationale, warum ein oder mehrere kognitive Prozesse auf der Basis vorliegender Daten und Informationen zu einer bestimmten zielorientierten Entscheidung geführt haben. Es geht also um die Begründung von Entscheidungen, welche durch die Verknüpfung von Prozessen und Informationen repräsentiert werden können. Dies soll gezielt durch ein Beispiel am Ende dieses Abschnittes erläutert werden.

Polanyi führte gegen Ende der sechziger Jahre den Begriff des impliziten Wissens (engl.: tacit knowledge) ein. Er weist darauf hin, "dass jeder unserer Gedanken Komponenten umfaßt, die wir nur mittelbar, nebenbei, unterhalb unseres eigentlichen Denkinhalts registrieren – und dass alles Denken aus dieser Unterlage, die gleichsam ein Teil unseres Körpers ist, hervorgeht" [Pola 1985].

Es läßt sich somit in diesem Kontext wie folgt definieren:

Definition: Implizites Wissen (engl.: tacit knowledge)

Implizites Wissen, Know-how, oder aber auch personalisiertes Wissen ist das Charakteristikum des Experten, der agiert und Entscheidungen trifft ohne explizit auf die zugehörigen Regeln und Prozeduren einzugehen. (nach [Elia 2003])

Das implizite Wissen ist immer spezifisch für den Experten. Ein Unternehmen setzt sich somit aus einer gewissen Anzahl von impliziten Wissensdatenbanken zusammen, da jeder Mitarbeiter ein Experte seines Fachgebietes ist. Es bildet somit die Grundlage jedes objektiven Wissens (eines Unternehmens).

Damit jedoch dieses Wissen benutzt und verwaltet werden kann, ist eine Transformation in eine explizite Form des Wissens notwendig, eine Wissensumwandlung durch das Explizitmachen eines impliziten Kontextes.

Definition: Explizites Wissen (engl.: explicit knowledge)

Explizites Wissen kann formal in Modellen und Strukturen abgelegt werden. Dadurch kann es automatisiert verarbeitet, vervielfältigt und gezielt verbreitet werden.

Erst die explizite Form von Wissen erlaubt es, das Wissenspotenzial eines Unternehmens wirklich gezielt im Unternehmen zu halten, zu verwalten und auszunutzen. Der Prozess der Transformation von implizitem in explizites Wissen wird im Folgenden auch als Wissensformalisierung bezeichnet.

Basierend auf der Definition des impliziten Wissens werden auch die einzelnen Teile definiert, aus denen sich das Wissen zusammensetzt. Die kleinsten zuordenbaren Teile des impliziten Wissens werden als kognitive Wissensartefakte bezeichnet.

Definition: Kognitives Wissensartefakt

Ein kognitives Wissensartefakt ist das Bewusstsein und Verstehen eines Teiles der realen (oder metaphysischen) Welt.

Analog zur Definition des expliziten Wissens und zum Prozess der Wissensformalisierung wird der Begriff des Wissensobjektes eingeführt.

Definition: Wissensobjekt

Ein Wissensobjekt ist die formale Repräsentation eines kognitiven Wissensartefaktes.

Durch die Transformation von kognitiven Wissensartefakten in Wissensobjekte wird die automatisierte Verarbeitung von Wissen auf rechnergestützte Art ermöglicht. Wissensartefakte können somit als Instanzen von implizitem Wissen betrachtet werden, Wissensobjekte sind die Instanzen expliziten Wissens.

Die Evaluierung von Produktwissen stellt eine der Hauptaufgaben der Produktentwicklung dar. Durch effiziente Auswahl, Bewertung und Nutzung des Produktwissens ist es möglich, Produkte in Bezug auf Qualität, Fertigungszeit und Zielsetzung optimal zu entwickeln.

Definition: Produktwissen

Produktwissen ist die Gesamtheit des impliziten und expliziten Wissens über ein spezifisches Produkt über den gesamten Produktlebenszyklus, welches von allen Personen und Systemen, die mit dem Produkt in Bezug stehen, beinhaltet wird.

Das Produkt wird in diesem Kontext in Anlehnung an die Produktdefinition des Systems Engineering definiert.

Definition: Produkt

Ein Produkt ist die Realisierung eines Systems, welches von Unternehmen zur Anwendung durch die Kunden hergestellt wird.

Es handelt sich bei dem Begriff Produkt somit um die physikalische Umsetzung eines Systems, welches in der Entwicklungsphase spezifiziert worden ist. Ein Produkt kann dabei eine einzelne Umsetzung eines Systems, eine Gruppe von Systemumsetzungen in einer Variante, oder aber auch eine Großserienproduktion eines Systems sein.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Implementierung von Wissensmanagement in erweiterten Unternehmen. Daher ist es bedeutsam, den Begriff des erweiterten Unternehmens exakt zu definieren und dieses von einem „normalen“ Unternehmen abzugrenzen.

Definition: Erweitertes Unternehmen

Ein erweitertes Unternehmen ist ein komplexes Netzwerk von Informationen und Wissen, welche nicht nur die Angestellten eines Hauptunternehmens beinhaltet, sondern auch die Geschäftspartner, Zulieferer und Kunden, welche in effektiver Zusammenarbeit als Einheit in der Entwicklung, Vermarktung und Benutzung eines Produktes agieren.

Diese Definition des erweiterten Unternehmens stellt die wesentlichen Punkte dar, die es von einem normalen Unternehmen unterscheiden.

Ein erweitertes Unternehmen ist ein virtueller Zusammenschluss aller Mitglieder, welche im Laufe des Produktlebenszyklus mit einem bestimmten Produkt in irgendeiner Art involviert sind. Das erweiterte Unternehmen ist somit zum einen sehr stark produktspezifisch zu betrachten, zum anderen umfasst die Betrachtung des Produktes immer den gesamten Produktlebenszyklus.

Bei klassischen Unternehmensstrukturen im Fertigungsbereich werden nur die Phasen von der Entwicklung bis hin zur Vermarktung und Inbetriebnahme betrachtet. Typische Geschäftsbeziehungen bestehen in der Regel nur zwischen Zulieferer und Produzent. Der Kunde wird in der Regel nicht als Mitglied des Unternehmens betrachtet.

Somit wird der Fokus des erweiterten Unternehmens auf ein breiteres Mitgliederspektrum sowie auf einen größeren Abschnitt des Produktlebenszyklus erweitert. Klassische Hierarchien und Unternehmensstrukturen werden erweitert und zusätzliche Rollen der Mitglieder implementiert.

Der zweite Faktor, der ein erweitertes Unternehmen von klassischen Unternehmen unterscheidet, ist die Definition als Wissens- und Informationsnetzwerk. Im Vordergrund stehen somit nicht die Personen und Angestellten des Unternehmens, sondern das spezielle Produktwissen, welches in vielfältiger Form über ein Produkt existiert. Es wird hier somit direkt das Wissen eines Unternehmens als wirtschaftliches Kapital und Potenzial betrachtet.

Eine besondere Herausforderung stellt in diesem Zusammenhang der Schutz des geistigen Eigentums dar. Dies gilt insbesondere, da das erweiterte Unternehmen über firmeneigene Grenzen hinaus mit anderen Firmen und Beteiligten kooperiert. Die gesonderte Betrachtung eines Konzeptes zur Sicherung des Wissens stellt somit eine besondere Aufgabe bei der Realisierung solcher Unternehmen dar.

3.1.2 Beispiel: Wissen, Daten, Informationen

Oftmals wird der Begriff des Wissens an einem Baumstumpf mit Jahresringen und deren Interpretation illustriert. Im Bereich der Konstruktion technischer Produkte

lässt sich dieses mit der Interpretation von Bruchflächen veranschaulichen. Ein Standardwerk, welches das Aussehen verschiedener Brucharten und –typen sowie deren Interpretation beschreibt, ist [Pohl 1956]. Auf Basis von **Bild 3.3**, welches aus diesem Buch stammt, sollen die zuvor definierten Begriffe, Wissen, Daten und Informationen näher erläutert werden.

Es handelt sich hierbei um das Wissen, wie aus dem Aussehen einer Bruchfläche Schlüsse auf die Bedingungen zu ziehen sind, unter denen dieser Bruch entstanden sein könnte.

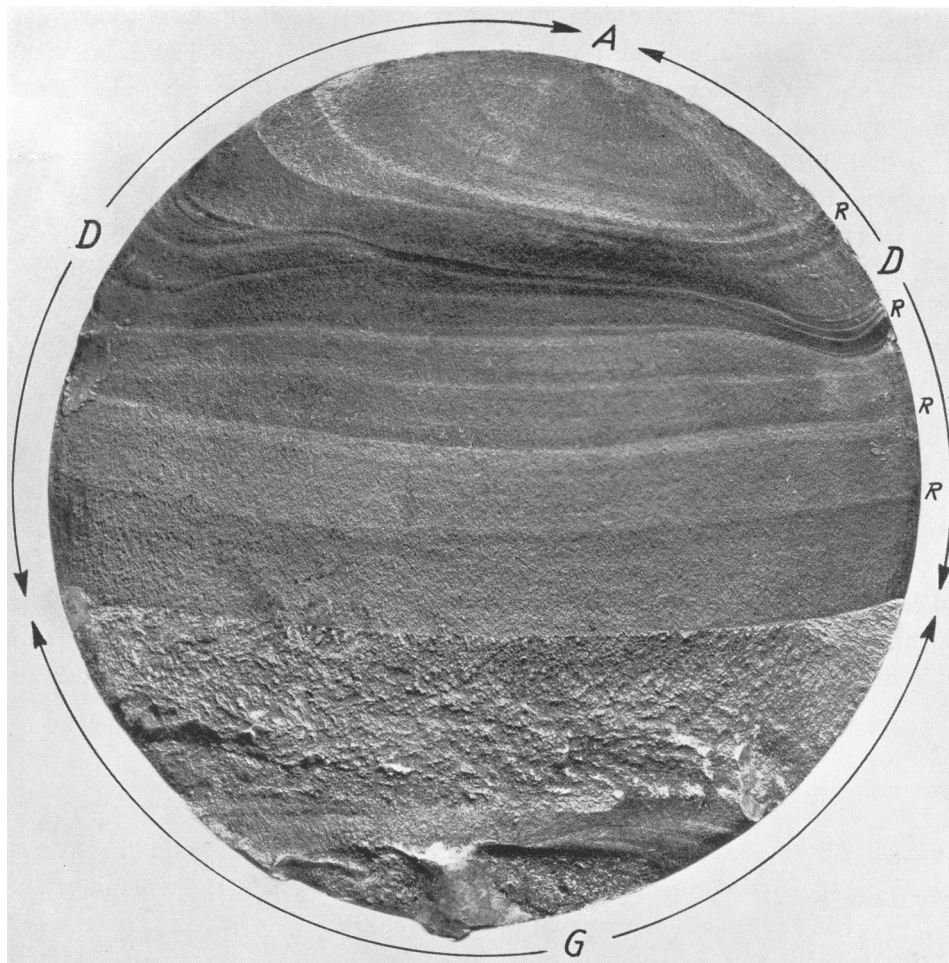


Bild 3.3: Exzenterwelle eines Brechers, im Dauerbruch zerstört.

A=Anriss, D=Dauerbruch, R=Rastlinien, G=gewaltsamer Restbruch, aus [Pohl 1956]

Das gesamte optische Erscheinungsbild der Bruchfläche einer Exzenterwelle stellt hier die Gesamtheit der *Daten* über den Bruch der Welle dar. Der Autor klassifiziert und unterteilt hier das optische Erscheinungsbild in einzelne Merkmale und Bereiche: Anriss, Dauerbruch, Rastlinien und gewaltsamer Restbruch. Er stellt somit die Informationen über das Bruchverhalten zusammen, indem er auf Grund der optischen Erscheinung erste Beurteilungen und Interpretationen einfließen

lässt. In Folge liefert der Autor das Rationale für Beurteilungen auf Grund bestimmter Merkmale des Bruches.

Die Aussage „Bei hoher Nennspannung ist die anteilige Fläche des Restbruches an der Gesamtfläche stets groß, bei niedriger dagegen klein.“ [Pohl 1956] stellt die Repräsentation der zuvor gegebenen Definition von Wissen dar. Durch die Verknüpfung von Daten (allgemeines Bruchbild) und Informationen (kategorisiertes Bruchbild) mit den kognitiven Prozessen (Bedingung über Größe der Restbruchfläche) liefert er eine Ratio für die Bedingungen, unter denen der Bruch erfolgte.

Die Repräsentation dieses Wissens basiert auf zwei verschiedenen Typen von Wissensobjekten, der optischen Darstellung der Bruchfläche und der textuellen Beschreibung. Erst Bild und Text bilden den gesamten Wissenskontext ab und ergänzen sich gegenseitig. Allein durch den Text wäre dem Leser keine klare Quantifizierung der Größe der Restbruchfläche möglich. Alleine durch die Adjektive klein und groß ließe sich für den Leser keine Entscheidung über die Bruchursache erreichen. Erst durch die Illustration des Bruches kann sich der Leser eine Vorstellung über die Größe der Restbruchfläche machen. Dieses Beispiel unterstreicht somit zusätzlich die Bedeutung der unterschiedlichen Repräsentation von Wissensartefakten und ihrer Relationen zueinander, um für Nichtexperten als explizites Wissen nutzbar zu sein.

3.2 Das Produktwissensmetamodell

Das Produktwissensmetamodell beschreibt den Gesamtkontext des Konzeptes, indem die wesentlichen identifizierten Objekte miteinander in geeigneter Weise verknüpft dargestellt werden. Die Benutzung dieser Hauptobjekte erlaubt dann die Unterteilung beziehungsweise Zuordnung einzelner Teile des Metamodells zu den einzelnen Partialmodellen.

Das Metamodell und die folgenden Partialmodelle wurden in der formalen Beschreibungssprache UML (engl.: Unified Modelling Language) erstellt, welche als Standard durch die OMG (engl.: Object Management Group) propagiert wird [OMG 2003]. UML ist eine allgemeine, formale Beschreibungssprache, welche in vielen Bereichen Anwendung findet, insbesondere jedoch in der Softwareentwicklung. Die Erstellung der Modelle in UML erleichtert die Implementierung und Realisierung des Konzeptes als Software. Die Unabhängigkeit von der Zielsprache stellt ein weiteres wesentliches Merkmal dieser Sprache und somit der Modelle dar. Dadurch ist es möglich, dieses Konzept in jeder Sprache und unabhängig von der Anwendung zu realisieren. Dies erleichtert in jedem Fall die Integration in bestehende Unternehmenskonzepte und Geschäftsprozesse, wie gefordert.

Das Produktwissensmetamodell (**Bild 3.4**) stellt die formale Umsetzung der Definitionen der Schlüsselobjekte aus dem vorangegangenen Abschnitt dar. Es verknüpft somit die Partialmodelle mit den Kernbegriffsbestimmungen. Ausserdem werden die einzelnen Partialmodelle über Schlüsselobjekte miteinander verknüpft (**Bild 3.5**).

Das Hauptobjekt des Modells ist das **Wissen**. Das Wissen ist immer explizit einem **Produkt** zugeordnet, dass heisst das hier dargestellte Wissen ist als Produktwissen zu klassifizieren. Es wird generell auf zwei unterschiedliche Arten repräsentiert. Als implizites Wissen wird es im Bewusstsein der Experten (eine Rolle von **Person**) repräsentiert. Die andere Art der Repräsentation stellt die explizite Darstellung von Wissen als Produktspezifikation (**Spezifikationselemente**) dar. Der Umfang in dem das Wissen in diesem Ansatz erfasst werden kann geht von Daten und Informationen in der Spezifikation, wie sie zum Beispiel von CAD und PDM Systemen aktuell verwaltet werden, bis hin zu dem Wissen, welches als zielorientierte, rationale Verknüpfung von Informationen und kognitiven Prozessen definiert wurde. Diese Wissensrepräsentation wird zur Zeit nicht von Softwaresystemen unterstützt.

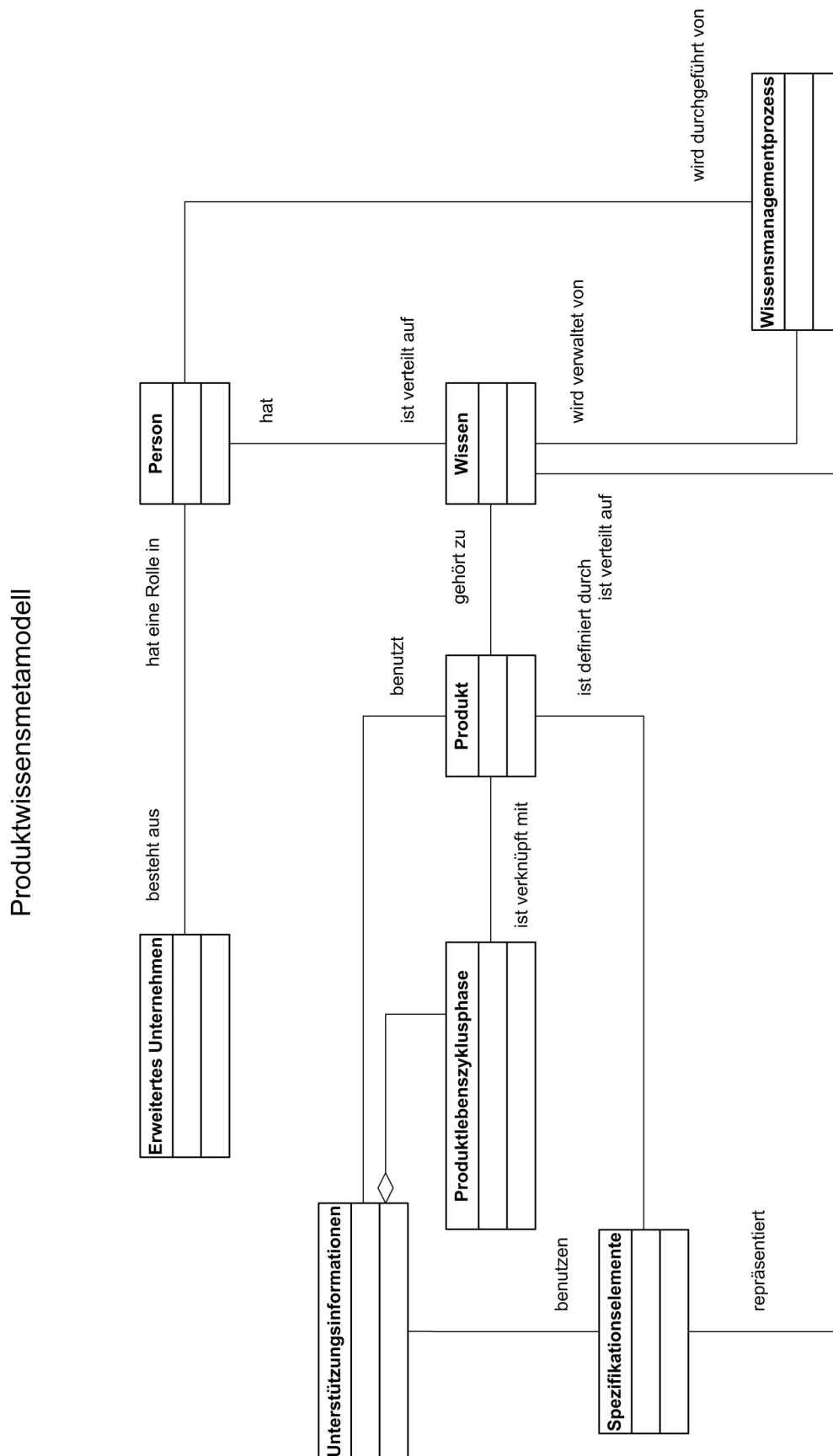


Bild 3.4: Das Produktwissensmetamodell

Erst durch die Verknüpfung von explizitem und impliziten Wissen, somit durch die Repräsentation als Wissensobjekt und als kognitives Wissensartefakt, lässt die Erweiterung des Anwendungsbereiches ein Management von Produktwissen zu.

Das so repräsentierte Wissen wird in Wissensmanagementprozessen verwaltet. Diese werden wieder explizit von **Personen** durchgeführt. Das Objekt **Wissensmanagementprozess** beinhaltet alle wesentlichen Prozesse und Workflows die zur Verwaltung von Produktwissen benötigt werden. Weiterhin werden in diesem Objekt alle Rollen von Personen im erweiterten Unternehmen definiert, welche diese Prozesse ausführen. Diese explizite Definition der Rollen und Prozesse wird im Partialmodell Wissensmanagement durchgeführt (**Bild 3.5**).

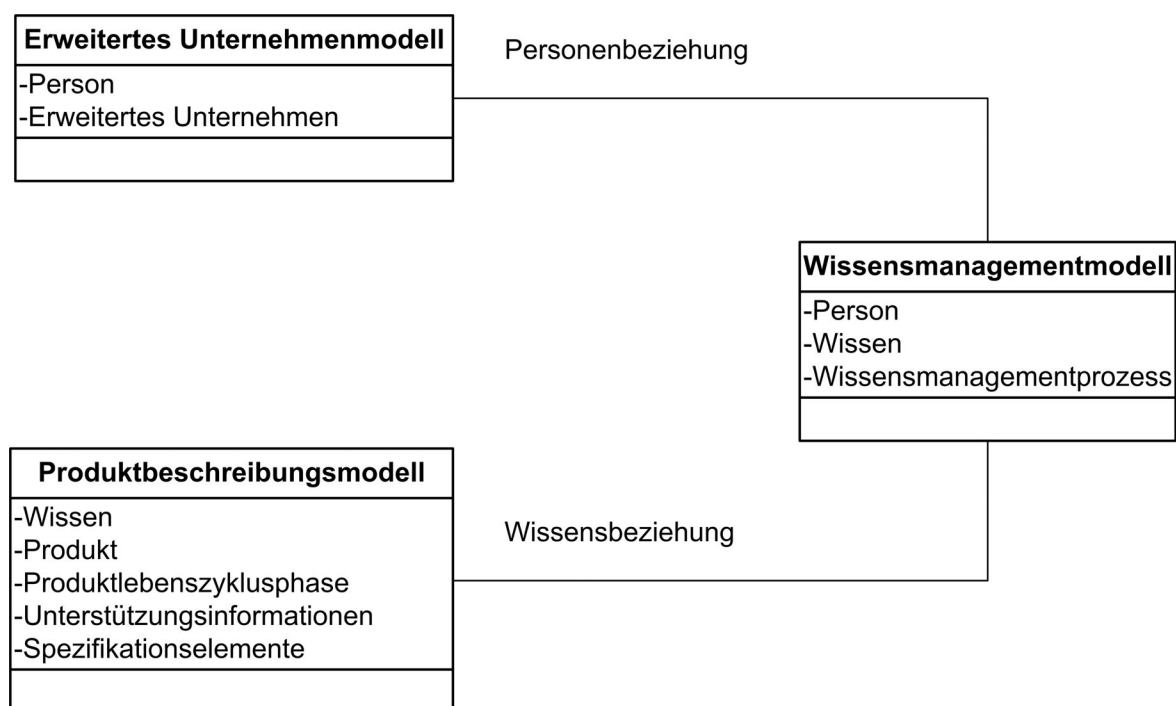


Bild 3.5: Verbindung der Partialmodelle im Metamodell über Schlüsselobjekte

Das Wissensmanagementmodell stellt über die Schlüsselobjekte **Person** und **Wissen** die Verknüpfung zu dem Partialmodell des erweiterten Unternehmens und dem Produktbeschreibungmodell her.

Das Objekt **Person** stellt die letzte Instanz der Zusammensetzung eines **erweiterten Unternehmens** dar. Personen haben unterschiedliche Rollen in dem Kontext des erweiterten Unternehmens. Dabei kann eine Person eine oder mehrere Rollen innerhalb des Unternehmens einnehmen. Ein typisches Szenario wäre, dass in der Entwicklungsphase der Konstrukteur als Entwickler eines Systems auftritt, in der Benutzungsphase als Kunde des fertigen Produktes. Dieser Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung eines Unternehmens, den unterschiedlichen Rollen der Personen im Unternehmenskontext und deren Beziehungen zueinan-

der werden im Partialmodell des erweiterten Unternehmens dargestellt. Als weiterer wichtiger Kernaspekt wird ein grundlegender Ansatz zur Behandlung vom Schutz des geistigen Eigentums innerhalb des erweiterten Unternehmens und dessen Organisationseinheiten abgebildet.

Das Objekt **Wissen** ist mit dem Objekt **Produkt** verknüpft. In der Instanziierung bedeutet dies, dass ein Wissensobjekt oder kognitives Wissensartefakt einem oder mehreren Produkten zugeordnet werden kann. Das Wissen über ein Produkt ist immer dynamisch. Dies bedeutet, dass es sich zum Teil quasi-kontinuierlich während des Produktlebenszyklus verändert. Diese Tatsache der Betrachtung des Wissens als dynamisches Objekt bedingt die Einführung expliziter Versions- und Änderungsmanagementfunktionalitäten in der Implementierung des Konzeptes. Im Metamodell ist an dieser Stelle eine Verknüpfung mit dem Objekt **Produktlebenszyklusphase** abgebildet. Wissensobjekte sind also immer verknüpft mit dem Produkt und einem oder mehreren Produktlebenszyklusabschnitten. Die Produktlebenszyklusabschnitte sind in dieser Interpretation noch nicht vordefiniert und auch die Granularität der Hierarchie ist nicht vorgegeben, so dass die Integration der Abbildung des Wissens auf den Produktlebenszyklus effektiver in die Unternehmensphilosophie integriert werden kann. Die Modellierung eines Produktes erfolgt im Wesentlichen über zwei Objektklassen: **Spezifikationselemente** und **Unterstützungsinformationen**. Die Spezifikationselemente beinhalten alle wichtigen Informationen zur Definition und Beschreibung eines Produktes: Anforderungen, Eigenschaften, Systemarchitektur, physikalische Architektur, Funktions- und Verhaltensarchitektur. Die Unterstützungsinformationen beinhalten zusätzliche Informationen über Prozesse und Strukturen, welche die Spezifikationselemente ableiten beziehungsweise benutzen: Graphische Repräsentation, Klassifikation, Priorisierung, Änderungsmanagement und Einbeziehung externer Dokumente sowie eine Abbildung der Entwicklungsprozesse der Produktentwicklung. Diese Zusammenhänge zwischen der Repräsentation von Produkten durch Spezifikationselemente und Unterstützungsinformationen und der Relation zum Produktwissen werden im Partialmodell Produktbeschreibung dargestellt.

4 Wissensmanagementmodell

In Kapitel 3 wurde der ontologische Ansatz als eine globale Grundlage für die Integration von Wissensmanagement in der Produktentwicklung vorgestellt. In dem folgenden Kapitel wird das erste der drei Partialmodelle, das Produktwissensmanagementmodell, kurz Wissensmanagementmodell, definiert und beschrieben. Das **Bild 4.1** zeigt eine Übersicht über dieses Partialmodell. Es stellt das für den Gesamtkontext bedeutendste Partialmodell dar, da es die wesentlichen Rollen und Aufgaben für den Wissensmanagementeinsatz in der Produktentwicklung festlegt.

Das Modell kann im Wesentlichen in zwei Teile gegliedert werden: Die rechte Hälfte von **Bild 4.1** stellt eine Übersicht über das so genannte Geschäftsprozessmodell dar, welches im Unterkapitel 4.1 beschrieben wird. In diesem Modell werden bestimmte Arbeitsabläufe und deren Ausführung durch bestimmte Personen festgelegt. Um eine Integration in bestehende Geschäftsprozesse zu ermöglichen, werden die Aktivitäten des Produktengineering getrennt von den Wissensmanagementaktivitäten behandelt.

Die linke Hälfte des Wissensmanagementmodells enthält die Definition verschiedener Rollen der Akteure im Wissensmanagementkontext. Basierend auf diesen Rollen werden die entsprechenden Aufgaben und Ziele unterschiedlicher Aktivitäten abgelegt. Dies wird explizit im Unterkapitel 4.2 erläutert.

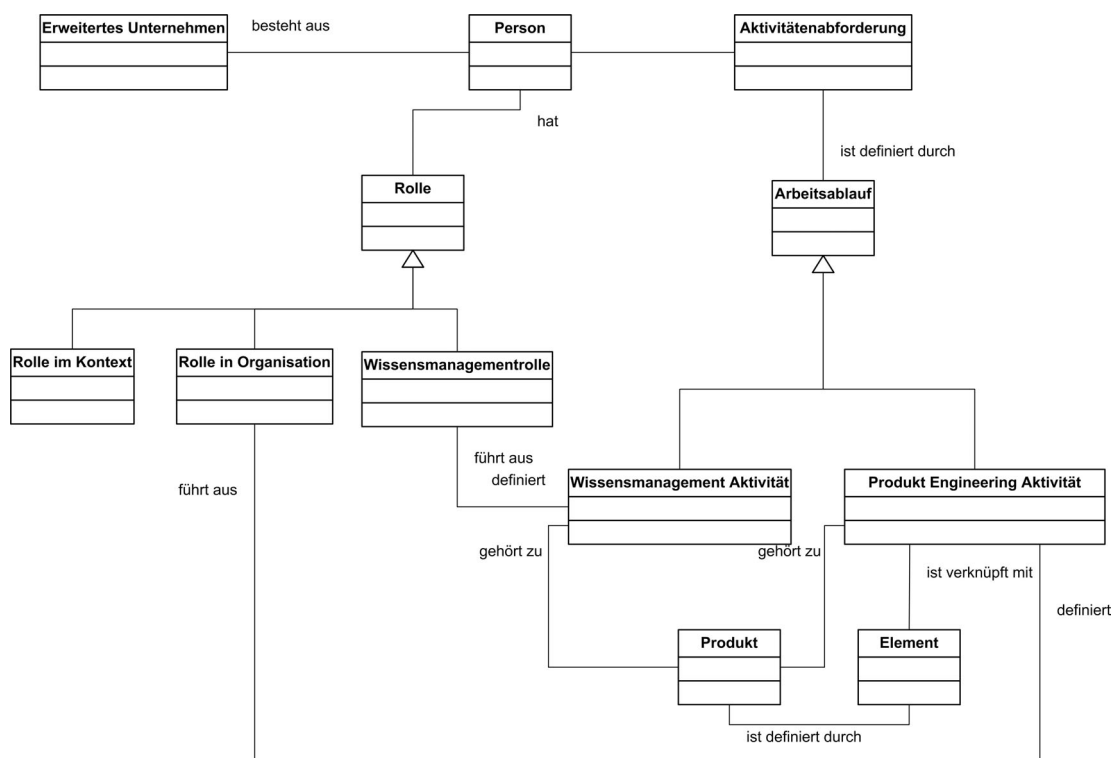


Bild 4.1: Übersicht über das Wissensmanagementmodell

Der Anwendung dieses Modells kommt gerade im Bereich der Produktentwicklung besondere Bedeutung zu. Daher werden die so genannten Produktengineeringaktivitäten im Unterkapitel 4.3 detailliert beschrieben.

Da sich der Kontext der Arbeit auf die fertigende Industrie bezieht, werden im Folgenden die Aktivitäten und Prozesse dieses Modells an Personen im Umfeld der Produktentwicklung und Konstruktion illustriert.

Allgemeine Beschreibung des Wissensmanagementmodells:

Der Kernpunkt dieses Modells ist die Ausführung von **Wissensmanagement Aktivitäten** und **Produkt Engineering Aktivitäten** durch **Personen** als Mitglieder des **Erweiterten Unternehmens**.

Jeder Person ist die Metaklasse **Rolle** zugeordnet. Die Rolle ist eine Spezifikation von Zieldefinitionen, Attributen und Aktivitäten eines Objektes für einen dedizierten Zweck. Diese Metaklasse Rolle vererbt diese Eigenschaften auf die Objekte der verschiedenen zur Verfügung stehenden Rollenobjekte. Die bedeutendste der hier verwendeten Rollen ist die **Wissensmanagementrolle**, welche wiederum eine Metaklasse darstellt. In der Metaklasse Wissensmanagementrolle werden alle Rollen definiert, die für den Wissensmanagementprozess von Bedeutung sind. Innerhalb der in diesen Rollen definierten Aktivitäten werden auch die **Objekte Rolle im Kontext** und **Rolle in Organisation** dargestellt, welche als Unterstützungsinformationen für die Integration des Wissensmanagement in die Geschäftsprozesse dienen.

Die von Personen initiierte **Aktivitätenabforderung** ist immer Teil eines neuen oder bereits vordefinierten **Arbeitsablaufes**. Dieser Arbeitsablauf kann aus Wissensmanagementaktivitäten oder Produktengineeringaktivitäten bestehen. Gerade diese Komposition eines Arbeitsablaufes aus den verschiedenen Aktivitätenklassen erlaubt die Integration in bestehende Geschäftsprozesse. Durch die individuelle Komponierbarkeit der Abläufe ist es möglich, in dedizierten Prozessen, zum Beispiel der frühen Konstruktionsphase, mit der Wissensmanagementintegration zu beginnen und gezielt die Abläufe zu verändern.

4.1 Geschäftsprozessmodell

Steigende Qualitätsansprüche der Firmen im Wettbewerb haben dazu geführt, dass die Unternehmen sich im Laufe der Zeit verstärkt mit der Definition ihrer geschäftlichen Prozesse und deren kontinuierlicher Verbesserung auseinandergesetzt haben. Unter dem Begriff Prozessmanagement wurde zuerst in den 1980er Jahren eine Methodik eingeführt und angewandt, die genau dieses Ziel verfolgte [Klei 1994].

Dabei wurde jede produktbezogene Aufgabe als Prozess definiert und untergliedert. Diese Prozesse werden in festgelegten Reihenfolgen sequentiell oder parallel von einzelnen Personen oder anderen Organisationseinheiten durchgeführt. Durch Überwachung und Bewertung einzelner Prozesse ist eine kontinuierliche Verbesserung einzelner Prozesse möglich. Heutzutage werden Prozesse zur Bewältigung einzelner Aufgaben unter dem Begriff Arbeitsablauf oder Workflow zusammengefasst. Zur Automatisierung und Verbesserung der Geschäftsprozesse werden heute in Unternehmen so genannte Workflowmanagementsysteme eingesetzt. Diese unterstützen die Unternehmen in der Durchführung des Prozess- beziehungsweise Workflowmanagement.

Mit der Einführung des hier vorgestellten Geschäftsprozessmodells (**Bild 4.2**) soll nicht die Grundlage für ein neues Workflowmanagementsystem zur Verfügung gestellt werden. Dieses Modell definiert vielmehr allgemein die Integration von Wissensmanagement- und Produktengineeringaktivitäten als gemeinsamen Workflow, respektive Arbeitsablauf. Es stellt somit den Rahmen für die Einbindung von Wissensmanagement in die Geschäftsprozesse dar. Eine genauere Spezifizierung der Arbeitsablaufdefinitionen ist jedoch nicht möglich, da die am Markt verfügbaren Workflowmanagementsysteme nicht allgemein anwendbar sind. Da die diesen Systemen zu Grunde liegenden Metamodelle alle anwendungs- beziehungsweise produktspezifisch sind, ist es nicht möglich ein detaillierteres Metamodelle zu definieren, welches die Geschäftsprozesse allgemein beschreiben kann [Kreb 2002]. Vielmehr soll das hier vorgestellte Modell dazu dienen, die Wissensmanagementprozesse in die Geschäftsprozesse zu integrieren, ohne dabei von einem spezifischen Workflowmanagementsystem abhängig zu sein.

Personen als Mitglieder eines erweiterten Unternehmens legen im Rahmen ihrer betrieblichen Aufgaben so genannte **Aktivitätenabforderungen** fest. Diese Personen stoßen bestimmte Prozesse innerhalb des erweiterten Unternehmens an. Dabei wird die auszuführende Aktivität festgelegt und definiert.

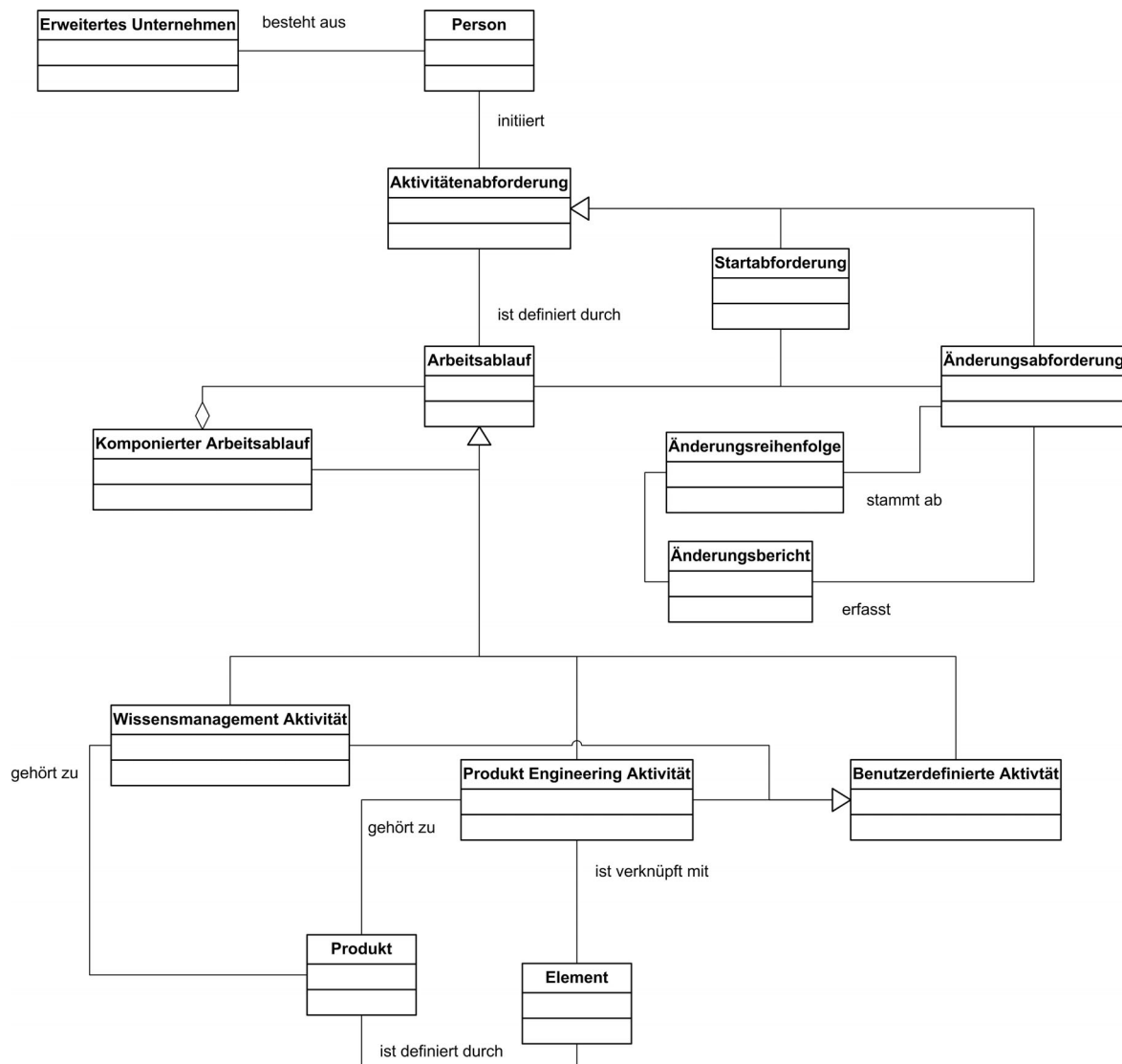


Bild 4.2: Übersicht über das Geschäftsprozessmodell

Definition: Aktivitätenabforderung

Eine Aktivitätenabforderung ist die Festlegung und Initiierung einer Aktivität durch eine verantwortliche Person.

Die Klasse Aktivitätenabforderung kann sowohl der Start einer neuen Aktivität sein, festgelegt in der Klasse **Startabforderung**, oder die Aufgabe der Veränderung bestimmter Prozesse, welches in der Klasse **Änderungsabforderung** festgelegt ist. Die Klasse Startabforderung erzwingt die Erstellung eines neuen Arbeitsablaufes. Durch die Klasse Änderungsabforderung wird die Veränderung eines bestehenden Arbeitsablaufes initiiert. Die Veränderung des Arbeitsablaufes wird in der Klasse **Änderungsreihenfolge** festgelegt. Die Durchführung der Veränderungen werden in einem Bericht, ein Objekt der Klasse **Änderungsbericht**,

festgehalten. Die Dokumentation der Veränderung der Arbeitsabläufe ist ein Teil der Konfigurations- und Änderungsmanagementfunktionalitäten dieses Konzeptes, welcher im Produktbeschreibungsmodell genauer beschrieben sind. Die Geschäftsprozesse werden durch den Arbeitsablauf definiert. Da die Definition und Änderung des Arbeitsablaufes nicht durch sich selbst, also nicht innerhalb der hier definierten Geschäftsprozesse, erfolgen kann, hat dies zur Folge, dass die Klassen zur Änderung oder Erstellung eines Arbeitsablaufes ausserhalb der Geschäftsprozesse definiert werden müssen.

In der Klasse **Arbeitsablauf** werden die Aktivitäten und deren Abfolge definiert.

Definition: Arbeitsablauf

Ein Arbeitsablauf ist eine Anzahl von Aktivitäten zur Erreichung eines bestimmten Zieles, deren Abfolge und Verantwortlichkeiten formal festgelegt sind.

Dabei ist ein Arbeitsablauf entweder ein **Komponierter Arbeitsablauf**, der aus einem oder mehreren Arbeitsabläufen besteht, oder es ist eine Aktivität, die nicht weiter unterteilt wird. Es wird zwischen drei verschiedenen Klassen von Aktivitäten unterschieden: **Wissensmanagement Aktivitäten**, **Produktengineeringaktivitäten** und **Benutzerdefinierte Aktivitäten**. Die beiden ersten Aktivitätenklassen werden in den folgenden zwei Unterkapiteln exakt beschrieben. Die Wissensmanagementaktivitätenklasse umfasst alle Aktivitäten, welche innerhalb des Wissensmanagementkonzeptes durchgeführt werden. In der Produktengineeringaktivitätenklasse werden diejenigen Aktivitäten aufgeführt, die von den Personen eines erweiterten Unternehmens, die in irgendeiner Art und Weise mit einem bestimmten Produkt zu tun haben, ausgeführt werden.

Die hier vorgestellte, allgemeine Beschreibung der Prozesse, sowohl im Produktengineering als auch im Wissensmanagement, kann niemals den Anspruch der Vollständigkeit oder Spezialisiertheit erreichen. Aus diesem Grund muss die Möglichkeit gegeben sein, die Geschäftsprozesse entsprechend anzupassen und zu erweitern. Dies wird durch die Klasse Benutzerdefinierte Aktivität realisiert.

Definition: Benutzerdefinierte Aktivität

Eine benutzerdefinierte Aktivität ist eine Aufgabe, die von einer Person innerhalb des erweiterten Unternehmens definiert ist, um die vordefinierten Aktivitätenklassen zu ergänzen.

Die Definition von benutzerdefinierten Aktivitäten ist in Unternehmen die Aufgabe von Führungspositionen, von so genannten Managern. Entspricht diese benutzer-

definierte Aktivität einer Produktengineeringaktivität, so wird die Definition einer solchen Aktivität über Objekte der Klasse Rolle in Organisation durchgeführt.

Die Definition von Wissensmanagementaktivitäten erfolgt durch Objekte der Wissensmanagementrolle, speziell der Rollen Hauptwissensmanager, Wissensmanager und Wissensingenieur, wie sie im folgenden Abschnitt definiert werden.

4.2 Rollen und Wissensmanagementaktivitäten

Wissensmanagement als Methodik und Wissensmanager als ausführende Personen sollten getrennt voneinander betrachtet werden. Wissensmanager sind individuelle Personen innerhalb einer Organisationsstruktur, welche die Prozesse des Wissensmanagements durchführen. Auf Grund der sehr stark verwobenen Struktur eines erweiterten Unternehmens ist eine einfache flache hierarchische Struktur von Wissensmanagementbeauftragten nicht angezeigt [Prim 2003].

In den 1990er Jahren wurde die Rolle eines Wissensmanagementleiters (engl.: knowledge officer) als zentraler Punkt zur Einführung und Verwaltung kollektiven Wissens in Organisationen geschaffen [Stew 1998]. Diese zentrale, hoch angesiedelte Position und die zugehörigen Strategien erwiesen sich dabei jedoch als zu generisch und zu impraktikabel, da aus dieser Perspektive der exakte Bezug zu echten Geschäftsanforderungen fehlte. Aktuell wird typischerweise mehr der Einsatz kleiner Abteilungen von Wissensmanagern (engl.: knowledge manager) oder Wissensingenieuren (engl.: knowledge engineer) verfolgt, die eng mit den Geschäftsabteilungen zusammenarbeiten [Stew 1998].

In dieser Arbeit wird der Ansatz verfolgt, beide Positionen des Wissensmanagementleiters und des Wissensingenieurs als Verwalter des Unternehmenswissens kombiniert einzusetzen. Durch eine dedizierte Verteilung der Wissensmanagementaufgaben auf verschiedene Rollen kann das Ziel der gezielten Wissenserfassung und –verbreitung in der Produktentwicklung gezielt unterstützt werden. Die Aufteilung in verschiedene Rollen ist in **Bild 4.3** dargestellt.

Die Wissensmanagementrollen sind in Analogie zur Komposition eines Unternehmens hierarchisch aufgebaut. An der Spitze der Hierarchie (**Bild 4.4**) steht die Rolle eines Hauptwissensmanagers. Die darunter liegende Rolle ist die des Wissensmanagers, deren Verfügungsbereich auf Teile eines erweiterten Unternehmens eingeschränkt sind. Rollen sind verantwortlich für die Analyse der Anforderungen, die Definition der Strategien und Ansätze zur Wissenserfassung und –verteilung im erweiterten Unternehmen. Den Wissensmanagern ist eine Gruppe von Wissensingenieuren zugeordnet, welche die administrativen Aufgaben des Wissensmanagements, die zuvor von den Wissensmanagern definiert wurden, ausführen. Innerhalb eines erweiterten Unternehmens existiert somit eine Position eines Hauptwissensmanagers, welcher die Wissensmanagementaufgaben des gesamten erweiterten Unternehmens verfolgt. Jede einzelne Organisationseinheit, welche einen Teil des erweiterten Unternehmens darstellt, besetzt die Position eines Wissensmanagers.

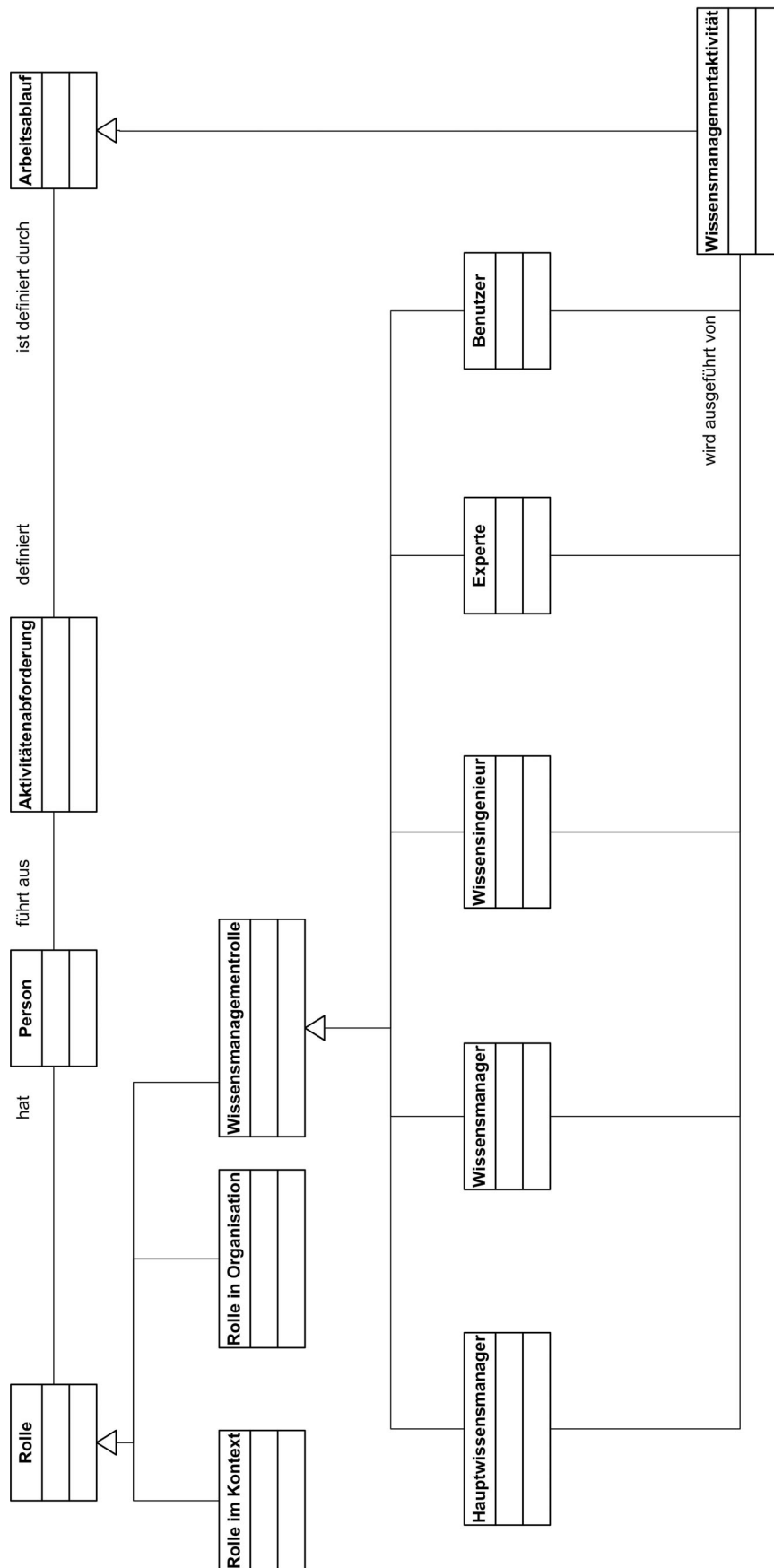


Bild 4.3: Die Rollen des Wissensmanagementansatzes

Dieser ist verantwortlich für die Wissensmanagementstrategie in den Einzelunternehmen und die Integration in das Gesamtkonzept. Dies schließt die Kommunikation mit anderen Einzelunternehmen und Bereitstellung der Interoperabilität des Systems auf Managementebene mit ein. Jedem Wissensmanager sind ein oder mehrere Wissensingenieure in den Einzelunternehmen zugeordnet, welche die Wissensverwaltungsaufgaben übernehmen.

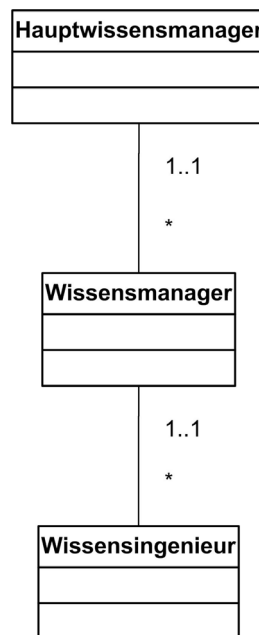


Bild 4.4: Rollenhierarchie der Wissensmanagementrollen

Zusätzlich zu den reinen Wissensmanagementrollen, deren Aktivitäten zunächst produktunabhängig definiert sind, werden an dieser Stelle die Rollen Benutzer und Experte eingeführt. Diese Rollen basieren auf der Definition des impliziten und expliziten Wissens in Kapitel 2. Der Experte ist die Person, die das implizite Wissen zur Verfügung stellt, der Benutzer kann auf das explizite Wissen zurückgreifen.

Die hier eingeführten Rollen werden in den folgenden Abschnitten definiert. Im Rahmen der Produktentwicklung und Konstruktion werden diese Rollen erläutert.

4.2.1 Hauptwissensmanager

Die Position eines Hauptwissensmanagers, obwohl oftmals anders bezeichnet, existiert in etwa 20% der 500 größten Unternehmen der Vereinigten Staaten [Stew 1998]. Obwohl diese Aufgabe für die meisten Firmen relativ neu ist, wurde eine solche Position zum Teil schon in den frühen 1990er Jahren eingeführt.

Definition: Hauptwissensmanager

Der Hauptwissensmanager ist diejenige Position, welche die konzeptionelle Leitung der Wissensmanagementaufgaben in einem erweiterten Unternehmen ausführt und verantwortet.

Über die geforderten Eigenschaften und Kompetenzen an die Position eines Hauptwissensmanagers existieren aktuell nur wenige Untersuchungen [Duff 1998]. Ein wesentliches Merkmal dieser Position ist es, dass sie nur innerbetrieblich besetzt wird, da diese Personen ein vertieftes Hintergrundwissen über die Geschäftsprozesse benötigen.

Aus der Sicht des erweiterten Unternehmens muss der Hauptwissensmanager zwei Kompetenzen vereinen, die technologische und die soziale Kompetenz. Aus der technologischen Sicht versteht es der Hauptwissensmanager in welcher Art und Weise aktuelle Informations- und Kommunikationstechnologien dazu genutzt werden können Wissen zu erfassen, zu speichern und zu verteilen. Die sozialkompetente Sichtweise erlaubt es, die Erschaffung sozialer Umgebungen zu realisieren, um die Akzeptanz des Wissensmanagementeinsatzes im erweiterten Unternehmen zu unterstützen. Mangelnde Akzeptanz ist in der Regel das größte Problem bei der Einführung von Wissensmanagement in Unternehmen. Aus diesem Grund muss der Hauptwissensmanager den Zweck und Nutzen des Einsatzes von Wissensmanagement insbesondere auch gegen die Geschäftsleitung vertreten und gegenüber allen anderen vorleben können. Dies bezeichnet man als das Wissensmanagement-Paradigma.

Im Bereich der Produktentwicklung könnte eine solche Rolle in kleinen und mittleren Unternehmen zum Beispiel durch die Position des Konstruktionsleiters besetzt werden. Der Konstruktionsleiter hat zum einen ausreichende Kenntnisse über die innerbetrieblichen Geschäftsprozesse, zum anderen aber auch die Fachkompetenz in der Produktentwicklung. Durch seine Position im Unternehmen kann der Konstruktionsleiter den gezielten Einsatz von Produktwissensmanagement gegenüber der Geschäftsleitung vertreten und den Nutzen auch explizit nachweisen. Er besetzt auch die entsprechende Position um die Akzeptanz eines solchen Einsatzes, insbesondere innerhalb der Konstruktionsabteilung, zu unterstützen und zu fördern.

Darauf basierend umfasst das vorgeschlagene Modell der Hauptwissensmanagerrolle (**Bild 4.5**) vier Hauptaktivitäten, welche in dem Wissensmanagementkonzept zwingend umgesetzt werden müssen.

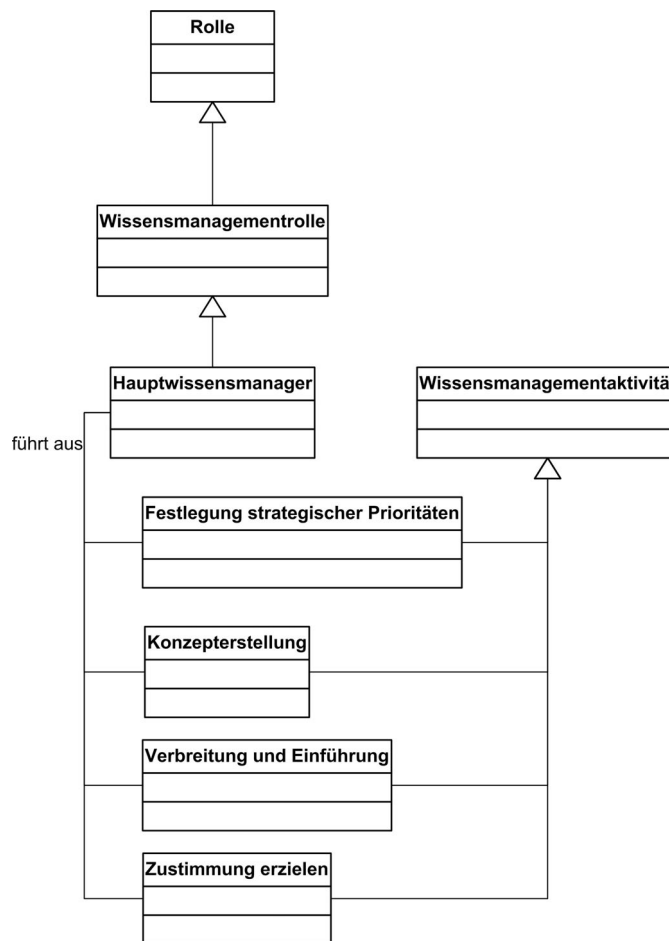


Bild 4.5: Rolle des Hauptwissensmanagers

Die Abläufe der Wissensmanagementaktivitäten sind nicht in den Wissensmanagementrollen definiert, sondern in der Klasse **Arbeitsablauf** (Bild 4.3). Die Instanziierung dieser Klasse in Bezug auf Wissensmanagementaktivitäten erfolgt in der Aktivität Konzepterstellung und wird vom Hauptwissensmanager durchgeführt. Die entwickelten Konzepte werden als Objekte der Klasse Arbeitsablauf abgelegt.

Aktivität: Konzepterstellung

Die Konzepterstellung umfasst die Entwicklung eines Konzeptes zur Integration, Verwendung und Extension von Produktwissensmanagement im erweiterten Unternehmen, einschließlich der Wissenserfassungs-, Speicherungs- und Verbreitungspläne.

Bei der Erstellung des globalen Wissensmanagementkonzeptes legt zum Beispiel der Konstruktionsleiter in seiner Rolle als Hauptwissensmanager den Rahmen für die Einführung und Durchführung von Wissensmanagement fest. In speziellen Wissenserfassungsplänen wird beschrieben, welche Rolle welches Wissen in die gemeinschaftliche Wissensbasis einbringt. Diese Personen müssen nicht zwin-

gend nur aus dem Bereich der Konstruktion sein. Es ist ebenfalls möglich und gewünscht, das Wissen anderer Personen und Abteilungen mit einzubeziehen. Dies könnten zum Beispiel Personen aus dem Vertrieb, Fertigung oder Kunden sein. Diese Leute können wesentlich mit ihrem Wissenseintrag über den Erfolg eines Produktes entscheiden, da sie das Produkt aus anderen Perspektiven betrachten und andere Anforderungen entwickeln. In Verbreitungsplänen kann die Art und Weise der Benutzung der Wissensbasis festgelegt werden. Dort legt der Konstruktionsleiter (Hauptwissensmanager) fest, bei Durchführung welcher Aufgaben in welcher Art auf die interne Wissensbasis zugegriffen werden kann. Die Festlegung solcher Pläne und Konzepte sollte im Allgemeinen im hausinternen Workflowsystem oder direkt im Wissensmanagementsystem eingepflegt werden, um eine größtmögliche Anwendbarkeit zu gewährleisten.

Aktivität: Zustimmung erzielen

Diese Aktivität umfasst alle Aufgaben, welche notwendig sind, um mit der Geschäftsleitung, den Abteilungsleitern, sowie allen Verantwortlichen der Einzelunternehmen Einigkeit über den bestimmten Einsatz von Produktwissensmanagement in einem Projekt zu erzielen.

Dies stellt einen wesentlichen Aspekt für die erfolgreiche Einführung und Realisierung eines Wissensmanagementkonzeptes dar. Nur durch eine gemeinsame Förderung durch die Führungspersonen eines Unternehmens und explizite Zustimmung ist es möglich, die Akzeptanz des gesamten Personenkreises des erweiterten Unternehmens zu erreichen. In diesem Fall obliegt es dem Konstruktionsleiter diese Aufgabe des Lobbying durchzuführen. Ein gewisses Maß an Akzeptanz macht den Einsatz von Wissensmanagement erst möglich.

Aktivität: Festlegung strategischer Prioritäten

Die Festlegung strategischer Prioritäten definiert die Hauptaufgaben des Einsatzes von Wissensmanagement in Bezug auf ein bestimmtes Produkt, die geschäftlichen Prozesse und Prioritäten.

Diese Aktivität ist ein Unterklasse der Klasse **Prioritisierung**, welche eine Aktivität des Produktengineering ist. Die hier festgelegte Prioritisierung kann somit als Objekt der zugehörigen Klassen Rangsystem und Rangelement festgelegt werden. Die Produktengineeringaktivitäten werden detailliert im folgenden Abschnitt beschrieben.

Der Konstruktionsleiter legt hier in Anlehnung an das zuvor eingeführte globale Wissensmanagementkonzept einen Strategieplan fest. Dieser Plan ist in der Regel produktbezogen und bezieht auch die geschäftliche Strategie mit ein. Dadurch

ist es möglich, für unterschiedliche Produkte auch strategisch unterschiedliche Wissensmanagementansätze anzuwenden und durchzuführen.

Aktivität: Verbreitung und Einführung

Die Aktivität Verbreitung und Einführung umfasst die Aufgaben der praktischen Umsetzung der erstellten Produktwissensmanagementkonzepte im erweiterten Unternehmen.

Wesentliche Aufgaben dieser Aktivität sind die Sicherstellung der Unterstützung des Einsatzes von Wissensmanagement während der Einführungs- und Gebrauchsphase durch alle Beteiligten im erweiterten Unternehmen. Der Kernpunkt der Verbreitung beinhaltet die schrittweise Ausdehnung der Anwendung von Produktwissensmanagement auf andere Produkte, Abteilungen oder Lebenszyklusphasen. Dies ist als direkte Umsetzung der in Kapitel 1 beschriebenen „Think Big – Start Small – Projektierung“ zu sehen.

Durch die explizite Unterstützung der Einführung eines solchen Konzeptes kann der Konstruktionsleiter die Akzeptanz in den entsprechenden Abteilungen fördern. Es bietet sich zum Beispiel an, das Konzept an einem bestimmten Produkt mit einem begrenzten Teilnehmerkreis einzuführen und zu validieren. Durch erste Erfolge auf einem kleinen Bereich kann der Nutzen den Anwendern deutlich gemacht werden. Dies führt in der Regel zu einem eigenmotivierten Verhalten der Mitarbeiter, solche Systeme auch für ihre Arbeitsbereiche einsetzen zu wollen.

4.2.2 Wissensmanager

Die Rolle des Wissensmanagers entspricht im Wesentlichen der Rolle eines Hauptwissensmanagers, jedoch in der Regel für kleinere Bereiche oder andere Abteilungen. Die Rolle des Wissensmanagers ist hierarchisch unter der des Hauptwissensmanagers angesiedelt. Im Rahmen des hier angesetzten Konstruktionsumfeldes empfiehlt der Autor diese Position ebenfalls durch dieselbe Person, hier den Konstruktionsleiter zu besetzen. Hauptaufgabe ist die Koordination der Wissensmanagementaktivitäten in der eigenen Abteilung und die Sicherstellung der erforderlichen Wissensmanagementfunktionalitäten nach außen hin.

Definition: Wissensmanager

Der Wissensmanager ist diejenige Position, welche die konzeptionelle Leitung der Wissensmanagementaufgaben in einem Einzelunternehmen oder einer Abteilung eines erweiterten Unternehmens ausführt und verantwortet.

Da der Fokus dieser Rolle auf dem erweiterten Unternehmen und dessen Vorteilen aus dem Einsatz von Wissensmanagement liegt, sind die Aktivitäten kumulativ zu denen des Hauptwissensmanagers definiert. Zu Beginn eines Wissensmanagementprojektes generiert der Wissensmanager Vorgehensweisen und Informationen, welche auf das zuvor definierte, spezifische Konzept angepasst sind. Im weiteren Projektverlauf ist der Wissensmanager zuständig für die Koordination der Aktivitäten und die fachliche Betreuung der Wissensingenieure. Ausserdem repräsentiert die Rolle des Wissensmanagers die Schnittstelle zu einzelnen Unternehmen oder Abteilungen. Dies entfällt in dem hier vorgestellten Kontext der Produktentwicklung auf Grund der Personalunion von Hauptwissensmanager und Wissensmanager.

Aktivität: Produktlebenszyklusdefinition

Die Produktlebenszyklusdefinition umfasst die Festlegung der Phasen des Lebenszyklus eines Produktes zur Eingliederung in die Produktengineeringprozesse.

Der Wissensmanager instanziiert hierbei die Klasse **Produktlebenszyklusphase**. Diese ist im Produktspezifikationsmodell definiert und wird im Kapitel 5 exakt beschrieben. Dabei ist es dem Wissensmanager freigestellt, das vorgeschlagene Standardlebensphasenmodell zu benutzen oder ein eigenständiges Modell zu entwickeln. Da das vorgegebene Modell aus Gründen der Integrierbarkeit in bestehende Geschäftsprozesse und Unternehmenskonzepte nur aus der obersten Hierarchieebene besteht, hat der Wissensmanager die Möglichkeit, den spezifischen Produktlebenszyklus zu verfeinern und weitere beziehungsweise andere Phasen und Hierarchieebenen zu definieren.

Der Konstruktionsleiter kann durch eine gezielte Festlegung des Produktlebenszyklus die weitere Verwendung des eingebrachten Wissens gezielt verbessern. Zum einen können bestimmte Arbeitsabläufe in der Folge direkt Produktlebenszyklusphasen zugeordnet werden. Dies entspricht bestimmten Vorgehensweisen, wie sie auch in der nachfolgenden Aktivität behandelt werden. Zum anderen erlaubt eine Zuordnung von Wissensobjekten zu bestimmten Phasen des Produktlebenszyklus eine gezielte und vereinfachte Recherche der Wissensbasis. Dies erleichtert den Umgang mit dem Wissensmanagementsystem in der Konstruktion erheblich und stellt somit einen wesentlichen Faktor zur Steigerung der Akzeptanz innerhalb des Unternehmens dar.

Aktivität: Erstellen von Bibliotheken der optimalen Vorgehensweisen

Diese Aktivität umfasst die Klassifizierung, Bewertung und das zur Verfügung stellen von Prozessen, welche sich innerhalb des Unternehmens bewährt haben.

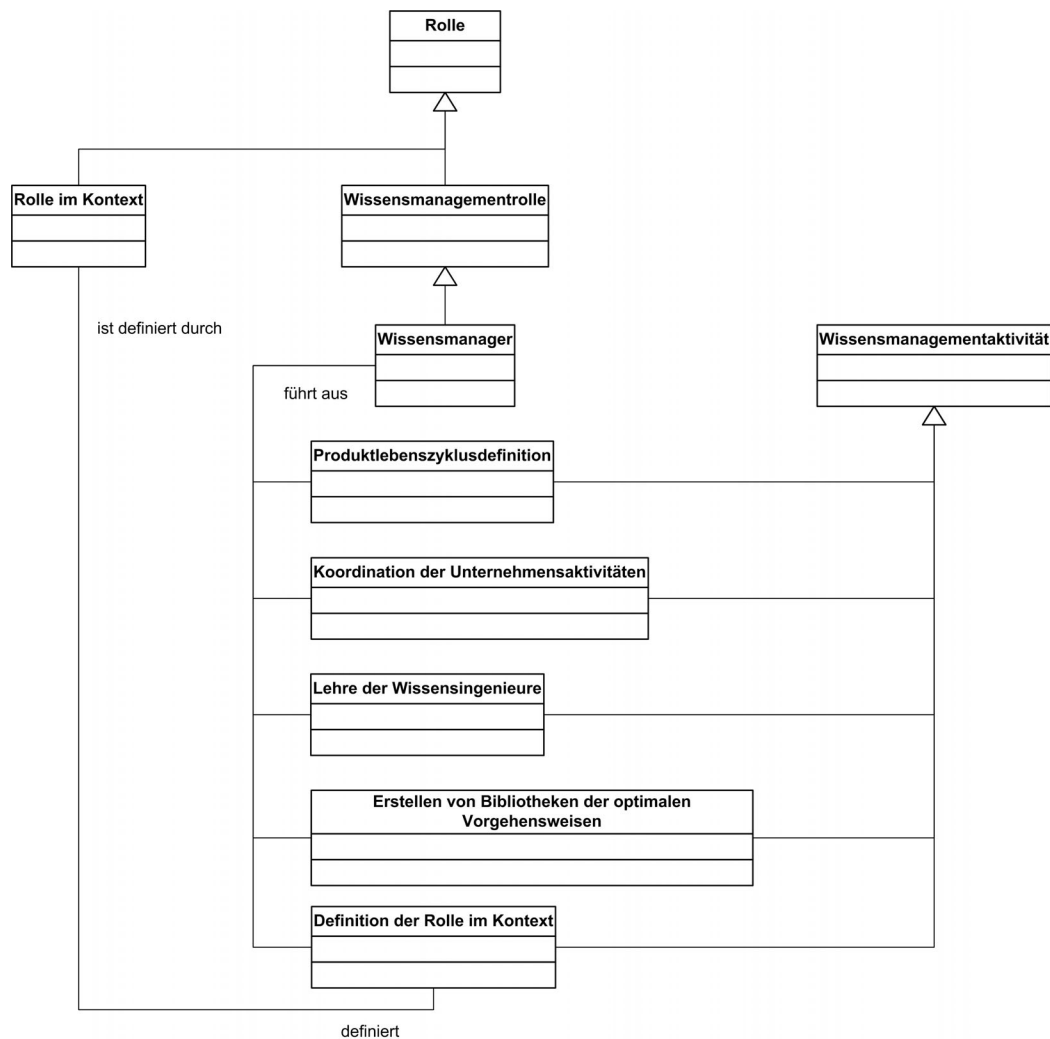


Bild 4.6: Rolle des Wissensmanagers

Nach [Duff 1998] ist eine solche Aktivität der Erstellung von Bibliotheken der optimalen Vorgehensweisen (engl.: best practices) eine der wesentlichsten Aufgaben eines Wissensmanagers. Zu Beginn eines Projektes werden vor allem Vorgehensweisen für die Arbeit der Wissensingenieure festgelegt. Dies umfasst insbesondere die Festlegungen der Arbeitsabläufe für die Erhebung, Erfassung, Speicherung und Verteilung von Wissen. Zur Anwendung kommen hier in der Regel allgemein anwendbare Methoden zur Lösungsfindung, wie zum Beispiel Befragungen, Interviews, Brainstorming, 635 Methode oder ähnliche, wie sie auch im Konstruktionsprozess angewandt werden.

Im weiteren Verlauf werden explizit Vorgehensweisen aus der Wissensdatenbank evaluiert und als optimale Abläufe festgehalten. Diese Vorgehensweisen können in der Klasse Arbeitsablauf festgelegt und mit Wissensobjekten verknüpft werden.

Der Konstruktionsleiter in der Rolle des Wissensmanagers sollte alle Vorgehensweisen, welche die Produktentwicklung betreffen, bewerten und für die weitere Verwendung im Wissensmanagementsystem festhalten. Solche Vorgehensweisen

und Methoden sind insgesamt sehr zahlreich und werden vielfach angewandt. Bestimmte Methoden haben sich jedoch im geschäftlichen Umfeld besonders bewährt, so dass diese erprobten Strukturen gut zur Verbreitung geeignet sind. Durch die Festlegung dieser Vorgehensweisen in der Wissensbasis kann jedem Konstrukteur ein unternehmensbezogener Leitfaden zur Ausführung der Konstruktionsaufgaben bereitgestellt werden.

Aktivität: Lehre der Wissensingenieure

Die Lehre der Wissensingenieure beinhaltet die Einführung und Erläuterung des speziellen Konzeptes sowie die Erläuterung der festgelegten Vorgehensweisen und Prozesse zur Wissensverarbeitung.

In dieser Aktivität wird das Wissensmanagement den zuständigen Wissensingenieuren im Einzelunternehmen vorgestellt und erläutert. Auf dieser Grundlage können die ausgewählten Methoden zur Wissensverarbeitung angegeben, illustriert und erläutert werden. Insbesondere die praktische Umsetzung der Konzepte in den frühen Einführungsphasen sind festzulegen und exakt zu erläutern. Dies entspricht im Wesentlichen der Erstellung eines dedizierten Ausführungsplanes für die konzeptionelle Anwendung mit einer genauen Zuordnung einzelner Personen oder Gruppen zu bestimmten Rollen innerhalb des Kontext.

Im Rahmen der Einführung des Wissensmanagementkonzeptes wird dieses den Wissensingenieuren (Konstrukteuren) vom Konstruktionsleiter als Wissensmanager vorgestellt. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, dass der Konstruktionsleiter die Aufgaben und Vorgehensweisen für die Wissensingenieure im Detail erläutert. Durch die Übergabe von Ausführungsplänen, welche ebenfalls direkt im System abgelegt werden sollten, kann der Konstruktionsleiter die exakte Durchführung durch den Wissensingenieur sicherstellen.

Aktivität: Definition der Rolle im Kontext

Die Aktivität der Definition der Rolle im Kontext umfasst die Festlegung aller wichtigen Rollen, welche in Bezug auf das Unternehmen und die Ausführung des spezifizierten Wissensmanagementkonzeptes von Bedeutung sind.

Durch die Festlegung der Klasse **Rolle im Kontext**, welche von allen Personen innerhalb eines Unternehmens eingenommen werden kann, wird der allgemeine Wissensmanagementansatz auf die spezifischen Anforderungen des Unternehmens erweitert und spezialisiert. Ein Beispiel möglicher Objekte dieser Klasse gibt unten stehende **Tabelle 4.1**.

Tabelle 4.1: Mögliche Objekte der Klasse Rolle im Kontext

Benennung	Beschreibung
Expertenwissenerbringer	Die Experten innerhalb eines Unternehmens, welche Wissen aus ihrem Spezialbereich zur Verfügung stellen, z. B. ein Getriebekonstrukteur.
Kundenwissenerbringer	Kunden, welche ihr Wissen über ein Produkt zur Verfügung stellen, z. B. über Preis, Qualität, Handhabbarkeit, Fehler, etc.
Kundenwissenanalysator	Jemand, der das Wissen der Kunden zur weiteren Verwendung analysiert, klassifiziert und formalisiert.
Konstruktionswissensevaluierer	Derjenige, der das gesamte Konstruktionswissen, welches von allen Konstruktionsexperten zur Verfügung gestellt wurde, evaluiert und zur späteren Verwendung aufbereitet.

Durch die Definition von Objekten der Klasse Rolle im Kontext kann der Leiter der Konstruktion einen kausalen Zusammenhang zwischen den Rollen im Unternehmen und den Wissensmanagementrollen herstellen. In einer Beschreibung wird festgelegt, welches die Aufgaben einer bestimmten Rolle im Kontext sind. Somit können bei der Durchführung im Folgenden diese Rollen entsprechenden Personen zugeordnet werden. Diese Zuordnung erleichtert für die Benutzer des Konzeptes ihre Aufgabenstellung zwischen Wissensmanagement- und Geschäftsprozessen.

Aktivität: Koordination der Unternehmensaktivitäten

Diese Aktivität umfasst die expliziten Aufgaben der Zusammenführung und Einbindung der Wissensmanagementaufgaben des Einzelunternehmens zur Sicherstellung der Funktionalität des Gesamtkonzeptes.

Durch Sicherstellung der technischen und personellen Infrastruktur wird die Funktion des gesamten Wissensmanagementkonzeptes und –systems gewährleistet. Die Koordination der speziellen Unternehmensziele mit dem Hauptwissensmanager erlaubt die genaue Einbindung, oder bei Bedarf die gezielte Entfernung des Wissensanteils des Einzelunternehmens aus der Produktwissensdatenbank.

In der hier angenommenen Personalunion von Hauptwissensmanager und Wissensmanager durch den Konstruktionsleiter entfällt die Aufgabe der Koordination

einzelner Unternehmensziele gegeneinander. Vielmehr ist es an dieser Stelle von Bedeutung, die Aktivitäten der Konstruktions- und Entwicklungsabteilung mit anderen Abteilungen des Unternehmens strategisch zu koordinieren. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, da die anderen Abteilungen einen wesentlichen Wissensbeitrag über ein Produkt beisteuern können. Diese Einbindung anderer Abteilungen muss explizit mit der Geschäftsführung geklärt werden.

4.2.3 Wissensingenieur

Die Rolle des Wissensingenieurs entspricht der eines ausführenden Organs der Wissensmanager. Wissensingenieure führen die Wissensverwaltungsaufgaben aus, welche durch die Wissensmanager definiert sind. Empirische Studien über die charakteristischen Eigenschaften von Wissensingenieuren sind kaum veröffentlicht. [CoGo 1999] stellt die folgenden drei Eigenschaften als Kernkompetenzen für Wissensingenieure heraus: Geschäftsprozesswissen, technologischer Hintergrund und Expertenwissen in den Informationstechnologien.

Definition: Wissensingenieur

Der Wissensingenieur ist diejenige Person, welche die Aufgaben der Wissensverwaltung und -bearbeitung durchführt.

[Rugg 1998] hat Kernaufgaben definiert, welche zu der Position eines Wissensingenieurs gehören sollten. Die dort angegebenen Aktivitäten sind jedoch zu allgemein gefasst, um in diesen Ansatz eingebunden werden zu können, da sie eher aus einer abstrakten Betrachtung stammen. Die folgenden Aktivitäten sind spezieller ausformuliert und können somit direkt in den ontologischen Ansatz eingebunden werden. Sie stellen die Umsetzung und Anwendung der zuvor definierten Konzepte dar. Eine Übersicht über die Aktivitäten eines Wissensingenieurs gibt das **Bild 4.7**.

Entsprechend der oben angegebenen Definition sind die Kernaufgaben des Wissensingenieurs Verwaltungstätigkeiten des Wissensmanagements. Dazu ist aber auch eine explizite Methodenkompetenz erforderlich, um das Wissen klassifizieren, formalisieren und freigeben zu können. Zusätzlich sollte der Wissensingenieur über explizite Erfahrungen im IT Bereich verfügen, um die Umsetzung verstehen, unterstützen und erweitern zu können. Daher empfiehlt der Autor bei der Zuordnung der Rolle in dem Beispiel des Konstruktionsumfeldes und der Produktentwicklung Konstrukteure einzusetzen.

Da die Aufgaben des Wissensingenieurs sehr umfangreich sein können, ist zu hinterfragen, ob einzelne Personen in Vollzeit diesen Aufgaben zugeordnet werden sollen. Generell eignet sich jedoch eine Aufteilung der Aktivitäten des Wis-

sensingenieurs auf verschiedene Personen, da so eine effizientere Bearbeitung gewährleistet werden kann und der Konstrukteur weiterhin in seine eigentlichen Geschäftsaufgaben eingebunden bleibt. Dies ist je nach Geschäfts- und Wissensmanagementstrategie vom Wissensmanagementleiter im Einzelfall festzulegen.

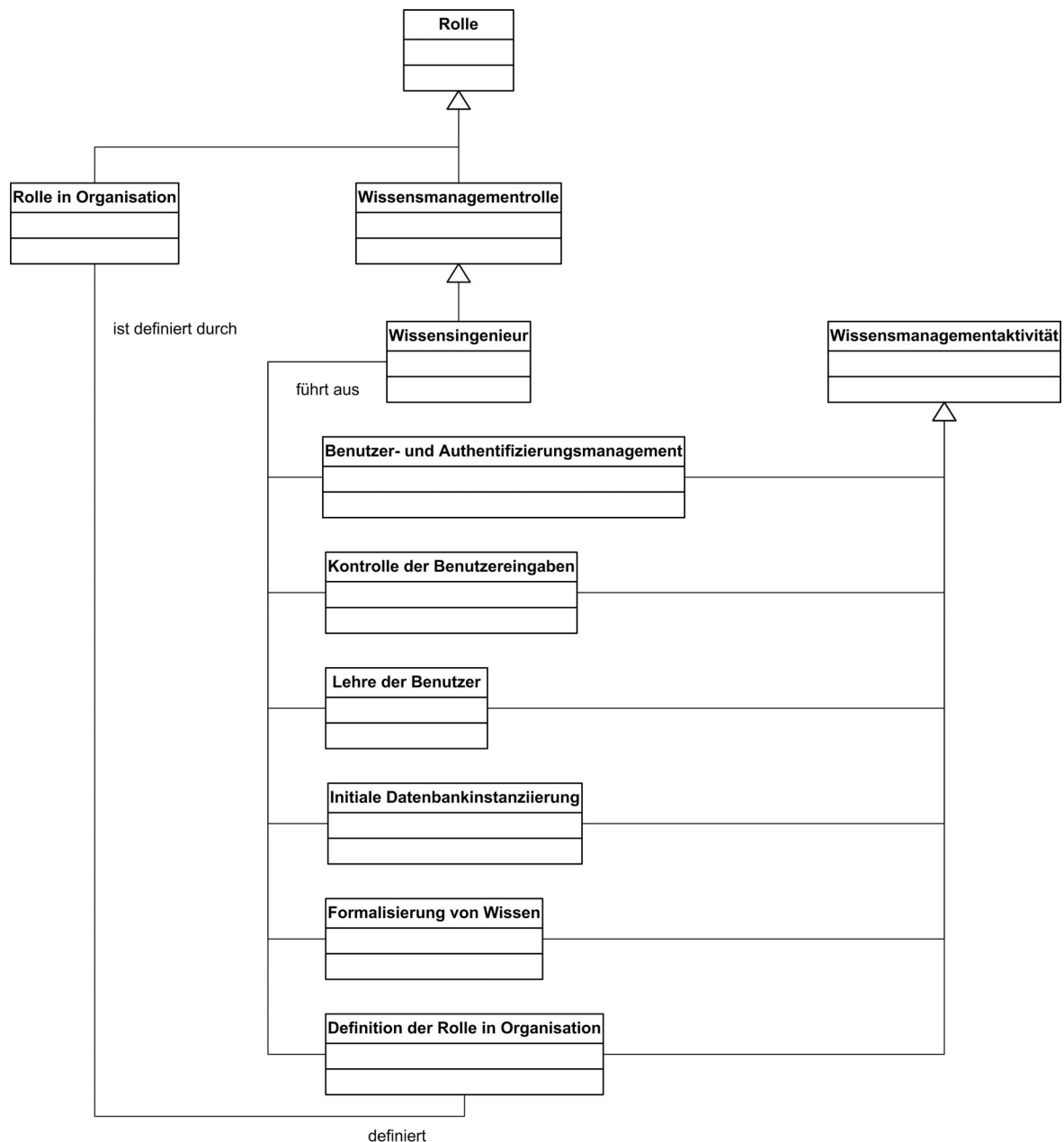


Bild 4.7: Rolle des Wissensingenieurs

Das **Benutzer- und Authentifizierungsmanagement** stellt eine wesentliche Aufgabe des vorgestellten Konzeptes dar, insbesondere in Bezug auf den Schutz des geistigen Eigentums einzelner Unternehmen oder deren Organisationseinheiten

innerhalb des erweiterten Unternehmens. Es ist außerdem die Grundlage für jegliche Wissenserfassungs- und Wissensverteilungsaktivitäten.

Aktivität: Benutzer- und Authentifizierungsmanagement

Diese Aktivität umfasst den Einsatz und die Pflege geeigneter Benutzermanagementsysteme zur Wissensverwaltung und –sicherung.

Der Einsatz professioneller Benutzerverwaltungssoftware ist aus den oben angegebenen Gründen unerlässlich. Prinzipiell ist die Wahl des zum Einsatz kommenden Systems frei wählbar, um es effektiv in bestehende Strukturen integrieren zu können.

Aktuell bieten sich Systeme auf der Basis von LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) an, wie es auch in Betriebssystemen eingesetzt wird. In den LDAP Datenbanken können Benutzer, Gruppen, Rollen und entsprechende Routinen festgelegt werden. Durch die neutrale Definition der LDAP Schnittstelle und den Einsatz von speziellen Konnektoren kann eine plattform- und betriebssystemunabhängige Umsetzung innerhalb von Internetstrukturen verwirklicht werden.

Um die Verwaltungsaufgaben zu minimieren und effizient zu gestalten sind Eigenschaften erforderlich, die im Folgenden kurz erläutert werden:

- **Zentralisierte Zugriffskontrolle und Benutzermanagement**
Dies ermöglicht es dem Wissensingenieur eine konsistente Zugriffsregelung über die gesamte Benutzerpopulation eines erweiterten Unternehmens zu implementieren. Über ein zentrales Benutzermanagement kann der Wissensingenieur ihm zugewiesene Benutzerzugänge im Bereich des gesamten erweiterten Unternehmens hinzufügen, ändern, löschen oder deaktivieren.
- **Auditierung und Berichterstellung**
Alle Regeländerungen, Benutzeraktionen und Passwortänderungen müssen zentral in einer Datenbank festgehalten werden. Durch den Einsatz von Generatoren zur Berichterstellung ermöglicht dies alle Veränderungen in der Datenbank klassifiziert zu überprüfen.
- **Passwortsynchronisation**
Die Synchronisation der Accounts und Passwörter auf der Betriebs- und Anwendungssystemebene ermöglicht es, für jeden Benutzer, nur einen einzigen Account für alle Aufgaben zu verwenden.
- **Rollendefinition und Regelbasis**
Die Erstellung von unternehmensübergreifenden Accounts ermöglicht die Definition von Rollen, die Zuordenbarkeit von Benutzern zu einer oder mehreren Rollen, welche die Zugriffsmöglichkeiten auf Regelbasis definieren. Diese

Rollen können als Objekte der Klasse **Rolle in Organisation**, welche im Folgenden noch detaillierter behandelt wird, zugeordnet werden.

Die Umsetzung dieser Anforderungen und Eigenschaften in der Softwarelösung vereinfachen dem Konstrukteur die Aufgaben des Benutzermanagement und können zu großen Teilen automatisiert werden. Generell ist es an dieser Stelle auch möglich diese Aufgaben im wesentlichen an die IT-Administration zu übertragen um die Effizienz zu steigern.

Aktivität: Kontrolle der Benutzereingaben

Diese Aktivität umfasst die Konsistenzprüfung von Referenzen sowie die Transformation natürlichsprachlicher Artefakte in allgemeinverständliche Aussagen.

Diese Aktivität ist durchaus vergleichbar mit den Prozessen des Qualitätsmanagements. An dieser Stelle sei sie beschränkt auf den Bereich des Produktwissensmanagement und nur gültig für den hier vorgestellten Ansatz. Eine Kernaufgabe umfasst die grundlegende Konsistenzprüfung von Referenzen. Ungültige Referenzen zu Wissensobjekten müssen vor der Formalisierungsphase überprüft und korrigiert werden.

Bei der Umsetzung im Umfeld der Produktentwicklung können diese Aufgaben vom Konstrukteur oder aber auch vom Qualitätsmanager übernommen werden. Letzterer bietet den Vorteil, dass der Konstrukteur von diesen Verwaltungsaufgaben entbunden werden kann. Eine weitgehende Automatisierung dieser Aufgabe durch eine softwaretechnische Unterstützung ist denkbar.

Der zweite wesentliche Aspekt dieser Aktivität ist die Überprüfung der Sprache auf Allgemeinverständlichkeit hin. In der Regel wird das Wissen durch Experten in das System eingeführt, welche sich zum Teil in eigenen Sprachebenen unterhalten. Dies macht es für Nichtexperten zum Teil unmöglich, den Kontext der Aussagen zu erfassen. Deshalb werden hier natürlichsprachliche oder nur für den Experten verständliche Aussagen oder Wörter analysiert und durch allgemeinverständliche Aussagen ersetzt. Dies erfolgt in der Regel durch Zusammenarbeit mit dem Experten, welcher den Wissensingenieur in dieser Aufgabe unterstützt. Die Aufgabe des Experten ist es, dem Wissensingenieur bei der Transformation in eine allgemeinverständliche Textform so zu unterstützen, dass an dieser Stelle kein Wissensverlust auftritt.

In der Konstruktion sollte diese Aufgabe in der Regel von einem Konstrukteur ausgeführt werden. Dieser hat ein bestimmtes Domänenwissen, welches es erlaubt, eine Transformierung der Wissensobjekte im System durchzuführen ohne den Kontext dabei zu verlieren. Alternativ lässt sich diese Aufgabe auch durch eine neutrale Person durchführen, die kein spezifisches Fachwissen in der Kon-

struktion besitzt. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Aussagen tatsächlich allgemein verständlich formuliert werden. In diesem Fall ist jedoch zwingend eine Unterstützung des Wissensingenieurs durch Experten, hier also den Konstrukteur, nötig, um die Aussagen vollständig und sachlich korrekt zu formulieren.

Aktivität: Lehre der Benutzer

Die Lehre der Benutzer beinhaltet die Einführung und Erläuterung der festgelegten Vorgehensweisen und Prozesse zur Wissensverarbeitung sowie die Betrachtung des Systems, der Methodik und der Anwendung.

In dieser Aktivität wird das Wissensmanagementkonzept den Anwendern des Systems, dies entspricht den Rollen **Experte** und **Benutzer**, vorgestellt und erläutert. Die festgelegten Vorgehensweisen zur Erfassung und Verbreitung des Wissens werden vorgestellt. Den Anwendern werden die notwendigen Bedienungs- und Anwendungsinformationen innerhalb des Systems zur Verfügung gestellt. Der Wissensingenieur gibt konkrete Hilfestellung während der Einführungs- und Nutzungsphase des Systems. Es ist von wesentlicher Bedeutung den Benutzern an dieser Stelle den Wert des Einsatzes von Wissensmanagement für ihre eigene Arbeit und das Unternehmen zu verdeutlichen, um die nötige Akzeptanz und Unterstützung in der breiten Anwenderschicht zu gewährleisten.

Aktivität: Initiale Datenbankinstanziierung

Diese Aktivität umfasst die Erstellung der Hauptobjekte in der Wissensdatenbank inklusive der Festlegung von Produktwissensklassen.

Die Zielsetzung dieser Aufgabe ist die grundlegende Erstellung von Hauptobjekten in der Wissensdatenbank, um einen Datenrahmen für die Arbeit mit der Wissensdatenbank festzulegen, auf den sich die Anwender beziehen können. Die für die Ausführung benötigten Daten ergeben sich aus den Konzepten des Hauptwissensmanagers.

Spezielle Informationen werden hierbei durch die Befragung des Führungspersonals eines Unternehmens gewonnen. Dabei können in der Regel „quasi-standardisierte“ Erfassungsmethoden benutzt werden, wie zum Beispiel strukturierte oder unstrukturierte Interviews, retrospektive Fallbeschreibungen, befragende Beobachtungen und weitere. Ebenso sind auch Methoden anwendbar, die sich nicht direkt mit der Befragung von Personen, sondern der Verbreitung von Textdokumenten beschäftigen, wie zum Beispiel textuelle Transformationen, Textfragmentierung oder andere syntaktische oder lexikalische Analysen. Detaillierte Beschreibungen solcher Erfassungsmethoden, insbesondere im Bereich der Erfassung von Wissen, liefert [GuTa 1994].

Somit kann der Konstrukteur an dieser Stelle die für die Ausführung des Wissensmanagementansatzes wesentlichen Informationen als Rahmen festlegen. Dies ist von essentieller Bedeutung, da alle weiteren Aktivitäten der Benutzer und Experten auf dieser Datenbasis im Bereich Unternehmen, Wissensmanagement und Produktbeschreibung aufbauen. Es ist darauf zu achten, dass für jedes neue Produkt neue Instanzen im Produktbeschreibungsmodell angelegt werden, auf die sich die Anwender beziehen können. In Kapitel 7 ist die initiale Datenbankinstanziierung am Beispiel einer Produktstruktur explizit erläutert.

Die zweite wesentliche Aufgabe dieser Aktivität ist die Definition von Produktwissensklassen. Die Klassifikation von Wissen ist die Grundlage für die späteren Prozesse der Betrachtung, Evaluierung und Erstellung von Berichten. Die Erstellung der Hauptklassen führt zu einer deutlichen Verbesserung der Benutzbarkeit des Systems und erlaubt die automatische Erstellung von Views auf die Wissensdatenbank. Ein View ist eine bestimmte, auf spezielle Anforderungen zugeschnittene Ansicht eines Datenbankinhalts. Der Wissensingenieur definiert hier Objekte der Klasse **Wissensklasse** des Produktbeschreibungsmodells und ordnet diese in die bestehende Hierarchie ein. Typische Produktwissensklassen sind zum Beispiel:

- Technisches Wissen, mit entsprechenden Unterklassen wie Anforderungen, Funktionen oder Verhalten
- Wartungswissen
- Finanzwissen

Diese Grundinstanzen stellen eine Basis für alle Wissensverarbeitungsaufgaben dar, insbesondere im Bereich der Formalisierung und Evaluierung. Dadurch legt der Konstrukteur die Grundlage für alle weiteren Aufgaben dar. Die Angabe bestimmter Klassen vereinfacht die Anwendung für die Benutzer in der Produktentwicklung auch im Bereich der Suche nach Wissen. Ein ausführliches Beispiel für die Instanziierung und anschließende Benutzung bei der Anwendung der Suchfunktionen ist in Kapitel 7 gegeben.

Aktivität: Definition Rolle in Organisation

Die Aktivität der Definition der Rollen in der Organisation umfasst die Festlegung aller wichtigen Positionen welche die Aufgaben von Personen unternehmensspezifisch festlegen.

Die Instanziierung der Klasse **Rolle in Organisation** erlaubt die Definition von typischen Aufgabenbereichen beziehungsweise Positionen innerhalb eines Unternehmens. In der Regel kann hier die hierarchische Unternehmensstruktur verwendet und die Rollen können entsprechend abgebildet werden. Es existieren Rollen wie zum Beispiel Geschäftsführer, Finanzbuchhalter, Monteur und weitere.

Diese Klasse findet Anwendung im Benutzer- und Authentifizierungssystem, so dass auf deren Grundlage die Vergabe von Rechten erfolgt. Durch die gezielte Zuordnung von organisatorischen Rollen und Wissensmanagementrollen zu bestimmten Personen werden die Unternehmensaufgaben mit den Wissensmanagementaufgaben einer Person verknüpft.

Die Festlegung der Rollen in der Organisation muss hier nicht zwangsläufig vom Konstrukteur als Wissensingenieur vorgenommen werden. Vielmehr sind die allgemeinen Rollen durch die Titel der Mitarbeiter schon durch die Geschäftsleitung festgelegt. Es geht vielmehr darum bestimmte Rollen exakter zu definieren, um sie in das Gesamtkonzept einbinden zu können.

Aktivität: Formalisierung des Wissens

Diese Aktivität umfasst die Aufgaben der Transformation von impliziten Wissen in ein explizites Format

Die Repräsentation von Wissen kann in vielen Formen vorliegen. Unter Formalisierung versteht man die Transformation von Wissen, welches in einem nativen Format vorliegt, in ein explizit definiertes Format. Dies wird zum einen benötigt, um das Wissen für alle allgemein verständlich auszudrücken. Zum anderen ermöglicht die Transformation in ein explizites, vordefiniertes Format die automatische Bearbeitung solcher Wissensobjekte.

Innerhalb dieses Konzeptes werden im wesentlichen drei Formen von Wissen unterschieden:

- Informales Wissen: Vielfach wird, gerade im technischen Bereich, Wissen als textuelle Dokumentation ausgedrückt. Dies kann generell aber auch in visueller oder akustischer Form erfolgen. Dadurch kann der Benutzer sich in gewohnter Weise ausdrücken, ohne etwa neutrale Repräsentationsformen oder Modellierungssprachen erlernen zu müssen.
- Quasiformales Wissen: Diese Form des Wissens ist in expliziten Formaten ausgedrückt. Jedoch ist dies auf Grund mangelnder Interpretationsfähigkeit oder Verfügbarkeit von Schnittstellen nicht für jeden verständlich. Formen dieser Art können in der fertigenden Industrie zum Beispiel CAD Modelle, FEM Modelle, Funktionenmodelle, Anforderungsmodelle, Finanzmodelle oder ähnliches sein.
- Formales Wissen: Es wird in einer neutralen Form repräsentiert, welche für den Benutzer zugänglich gemacht werden muss. Die Form des Wissens innerhalb dieses Konzeptes wird definiert durch das Produktbeschreibungsmodell und dessen Relationen mit den Klassen der anderen Partialmodelle.

Der Wissensingenieur hat somit die Aufgaben informales und quasiformales Wissen zu transformieren, um es dem Benutzer zugänglich machen zu können. Die Wissensformalisierung kann im Allgemeinen sehr umfangreich sein, wie auch die Beispiele aus dem Kapitel 7 verdeutlichen. Aus diesem Grund empfiehlt der Autor eine explizite Formalisierung von Wissensobjekten, das heißt von informalem in formales Wissen, nur bei Bedarf vorzunehmen. Rein formale Wissensobjekte werden zum Beispiel benötigt, wenn automatisierte Prozesse durchgeführt werden sollen. Dies ist zum Beispiel beim Produktengineeringprozess der Bewertung der Fall, da hier formale Objekte gegeneinander verglichen werden müssen. Für die Mehrzahl der Anwendungsfälle ist es ausreichend, die quasiformalen Wissensobjekte zu verwenden und zu referenzieren. Dies reduziert erheblich den Aufwand aller Beteiligten in der Produktentwicklung und gestaltet die Anwendung effizient.

4.2.3.1 Formalisierung informalen Wissens

Die Eingabe und Erfassung informalen Wissens wird im folgenden Abschnitt als Aktivität der Rolle **Experte** definiert und erläutert. Diese Art von Wissen kann in zwei verschiedenen Datentypen vorliegen, textuell oder akustisch/visuell.

Innerhalb dieses Konzeptes wird das Wissen in dem Typ akustisch/visuell nicht transformiert. Es wird sogar explizit benutzt, um dem Benutzer die Möglichkeit der Eingabe von Wissen zu erleichtern. Durch Benutzung der Sprache in der Form akustischer Informationen kann sich der Benutzer in ihm gewohnter Ausdrucksweise effektiv verständigen, insbesondere wenn dies durch Videoaufnahmen unterstützt werden kann.

Im Folgenden wird der Prozess der Formalisierung natürlichsprachlichen, textuellen Wissens erläutert. Das Ergebnis des Prozesses ist die Repräsentation von Wissen als Produktspezifikation mit entsprechenden rationalen Relationen. Das Spezifikationsmodell, auf welches die Produktinformationen abgebildet werden, ist das Produktbeschreibungsmodell, welches in Kapitel 5 beschrieben wird.

Die Formalisierung folgt einem Strukturierungsprozess der natürlichen Sprache, welcher als Objekt der Klasse **Arbeitsablauf** definiert werden kann. [Heim 2000] definiert diese Prozesse im Detail als Folge von lexikalischer und syntaktischer Analyse, Wortanalyse, Satzanalyse und Konsistenzprüfung für Anforderungen. Eine solche Vorgehensweise kann ebenfalls auf andere textuelle Informationen angewandt werden.

Am folgenden Beispiel eines textuellen Wissensobjektes soll der Prozess der Formalisierung beschrieben werden.

Beispiel:

„Das Lager ist nicht montierbar, da ein Wellenabsatz den Einbau verhindert.“

Dieses einfache Beispiel beinhaltet eine Anzahl von Konstruktions- und Modellelementen, die der Konstrukteur zu berücksichtigen hat. Es beinhaltet Systemelemente, die im Produktbeschreibungsmodell als **Physikalische Instanz** ausgedrückt werden: Lager, Wellenabsatz und Welle. Ausser den hier vorhandenen physikalischen Elementen sind **Funktionen** angegeben: Montage und Einbau. Zusätzlich zu den hier sofort ersichtlichen Objekten können in diesem Beispiel noch implizite Informationen verborgen sein, die ebenfalls zu berücksichtigen sind. Aus diesem einzelnen Satz des Beispiels ist nicht ersichtlich, ob entweder das Lager bereits im Gehäuse montiert ist, und somit eigentlich die Welle nicht montierbar ist, oder das Lager vor dem Einbau in das Gehäuse auf der Welle vormontiert ist, und somit tatsächlich keine Montage des Lagers möglich ist.

Bei eventuellen Mehrdeutigkeiten, Unklarheiten oder Inkonsistenzen ist eine Klärung mit dem Experten, der dieses Wissensobjekt eingebracht hat, zu erzielen.

Die einzelnen Aktionen, welche der Wissensingenieur durchzuführen hat, sind:

1. Erstellung eines Objektes der Klasse **Produkt**, welches das spezielle Lager beschreibt, und eines Objektes der Klasse **Produktdefinition**, welches ein Lager definiert.
2. Erstellung eines Objektes der Klasse **Produkt**, welches die spezielle Welle beschreibt, und eines Objektes der Klasse **Produktdefinition**, welches eine Welle definiert. Die Existenz einer Welle ist implizit aus dem Begriff des Wellenabsatzes zu ersehen. In der Regel wird hier überprüft, ob diese Welle schon im System existiert, zum Beispiel als referenzierter CAD Datensatz.
3. Erstellung eines Objektes der Klasse **Produkt**, welches den speziellen Absatz in der zuvor definierten Welle beschreibt, und eines Objektes der Klasse **Produktdefinition**, welches einen Wellenabsatz definiert.
4. Erstellung eines Objektes der Klasse **Funktionsinstanz**, welches die Funktion des Einbaus beschreibt. Dieses impliziert ebenfalls die Instanziierung des Objektes **zusammengesetzte Funktion**, da es sich dabei um mehrere Einzelaktionen des Einbaus handelt. Sie setzt sich unter anderem aus der Montage des Lagers zusammen.
5. Erstellen eines Objektes der Klasse **Funktionsinstanz**, welches die Funktion der Montage des Lagers beschreibt. Die Montage des Lagers ist dann als Teil der Gesamtfunktion Einbau als **Blattfunktion** zu definieren, um dies in die Funktionshierarchie einzubetten.
6. Erstellen eines Objektes der Klasse **Funktionales Verhaltens Modell**, mit den zugehörigen Instanzen der Unterklassen. Durch die Instanziierung dieser Klasse wird die eigentliche Wissensinformation generiert. Diese beschreibt das „Warum“ des Kontext. Es stellt somit einen funktionalen Bedingungskontext

dar. Das funktionale Verhaltensmodell verknüpft die funktionale Struktur der Systeme, beziehungsweise Systemkomponenten, mit Bedingungen für das Verhalten und die Funktionserfüllung. Durch diese Verknüpfungen wird das Rationale abgebildet, das heißt wieso das Lager nicht montierbar ist, wieso also die geforderte Funktion nicht erfüllt werden kann.

4.2.3.2 Formalisierung quasiformalen Wissens

Dieser Abschnitt beschreibt kurz die Abbildung und Integration von quasiformalem Wissen in das Wissensmodell durch den Wissensingenieur. Das Wissen liegt hierbei in der Form nativer Dateiformate der Anwendungssysteme vor. Diese Transformation kann in der Regel durch definierte Schnittstellen der Anwendungssysteme mit dem hier vorgestellten Wissensmodell erfolgen. In praxi ist die Entwicklung einer großen Anzahl von Schnittstellen weder ohne großen finanziellen und personellen Einsatz durchführbar, noch effizient. Dies gilt insbesondere im Einsatz in erweiterten Unternehmen, bei denen die Anzahl der Einzelunternehmen leicht eine zweistellige Zahl überschreiten kann. Somit wären zu einer vollständigen Integration bis zu einige hundert Schnittstellen zu entwickeln und warten. Berücksichtigt man auch noch die unterschiedlichen Betriebssysteme und deren Derivate sowie verschiedenste Versionen von Software, läßt sich leicht einschätzen, dass der erforderliche Gesamtaufwand deutlich zu hoch und somit nicht praktikabel ist.

Ein Ansatz zur Lösung dieser Problematik wäre der Einsatz einer neutralen Schnittstelle, die alle Aspekte eines Produktes spezifiziert, und die hier zusätzlichen Aspekte des Wissensmanagement und des erweiterten Unternehmens modular ergänzt.

Ein solches Produktspezifikationsmodell ist zum Beispiel durch die Arbeit der AP233 Systems Engineering Arbeitsgruppe als öffentlich verfügbare Spezifikation (engl.: Publicly available specification, PAS) unter dem Arbeitstitel PAS 20542 auf ISO Ebene bereits veröffentlicht. Eine vollständige Durchsetzung als ISO Standard auf der Basis von STEP ist aber erst in einigen Jahren zu erwarten. Die Standardisierung als ISO Standard impliziert jedoch immer noch nicht die Akzeptanz der Softwareindustrie, welche diesen zu implementieren hat.

Aus diesem Grund wird hier das Prinzip der Referenzierung von Dokumenten und deren Inhalte, sowie der zugehörigen Anwendungssysteme verfolgt. Durch Verwendung von Referenzierungsklassen wird eine eindeutige Verknüpfung zu den Wissensobjekten und deren ausführbaren Programmen hergestellt. Die Nutzung zusätzlicher Beschreibungsattribute erlaubt es, gezielt auf Einzelheiten der quasiformalen Darstellung hinzuweisen. Diese Beschreibungsattribute können als textuelle Bausteine ebenfalls formalisiert werden, während die quasiformalen Objekte nur referenziert werden. Die Referenzierung im Zusammenhang mit der formali-

sierten Beschreibung des Wissenskontext erlaubt es Systembenutzern, diese Wissensobjekte gezielt zu suchen, zu bearbeiten und zu verteilen.

4.2.4 Experte

Um die Aktivitäten und Aufgaben der Rolle **Experte** genau zu beschreiben, ist es wichtig auf Grundlagen der Wissensdefinition zurückzugreifen. Dort wurde implizites Wissen als das Wissen der Experten klassifiziert. Experten in dem Kontext dieser Arbeit sind oftmals die Entwickler und Konstrukteure von Produkten. Es können aber auch durchaus andere Personen als Experten betrachtet werden, die zu irgendeinem Zeitpunkt des Produktlebenszyklus mit dem Produkt zu tun haben. Sicherlich ist der Kunde oft ein Experte im Bereich des Benutzens von Produkten, so wie der Verkäufer auf den Verkauf spezialisiert ist. Somit kann prinzipiell jeder die Rolle des Experten annehmen.

Definition: Experte

Der Experte ist diejenige Person, welche implizites Wissen in die Wissensdatenbank eingibt, den Formalisierungsprozess unterstützt und das Wissen bewertet.

Im Rahmen des Konstruktionsumfeldes ist die Rolle des Experten offensichtlich zunächst mit der Position eines Konstrukteurs zu besetzen. Das Wissen über ein bestimmtes Produkt ist jedoch nicht alleine auf die Mitarbeiter einer Konstruktions- oder Produktentwicklungsabteilung beschränkt. Vielmehr sind es auch Wissensquellen aus anderen Bereichen, die essentiell für die Entwicklung von Produkten sind. Dies können zum Beispiel Personen aus Fertigung, Montage, Vertrieb oder auch Kunden sein. Im Folgenden werden die Aufgaben der Rolle Experte an Beispielen erläutert und die Bedeutung für die Konstruktion verdeutlicht.

Die Aktivitäten der Rolle Experte sind in **Bild 4.8** dargestellt. Neben der Hauptaufgabe der Wissenseingabe umfasst die Rolle auch die Aktivitäten der weiteren Beschreibung des Wissens, der Unterstützung des Wissensingenieurs bei der Formalisierung und der kontinuierlichen Überprüfung und Verfeinerung der Wissensobjekte.

Prinzipiell wird in diesem Konzept zwischen impliziter und expliziter Wissenseingabe unterschieden. Bei einer impliziten Wissenseingabe handelt sich um einen Wissensseintrag in die Wissensbasis, welcher während der Ausführung der normalen Geschäfts-, respektive Produktengineeringprozesse transparent durchgeführt wird. Dies bedingt eine entsprechende Einbindung des Systems in das Unternehmen. Eine implizite Wissenseingabe erfolgt in der Regel ohne wesentlichen zusätzlichen Aufwand für den Anwender. Dies wird im folgenden Kapitel 4.3 für

die Geschäftsprozesse detailliert erläutert. Die Aktivität der Wissenseingabe soll somit nur auf den Fall der expliziten Wissenseingabe beschränkt sein.

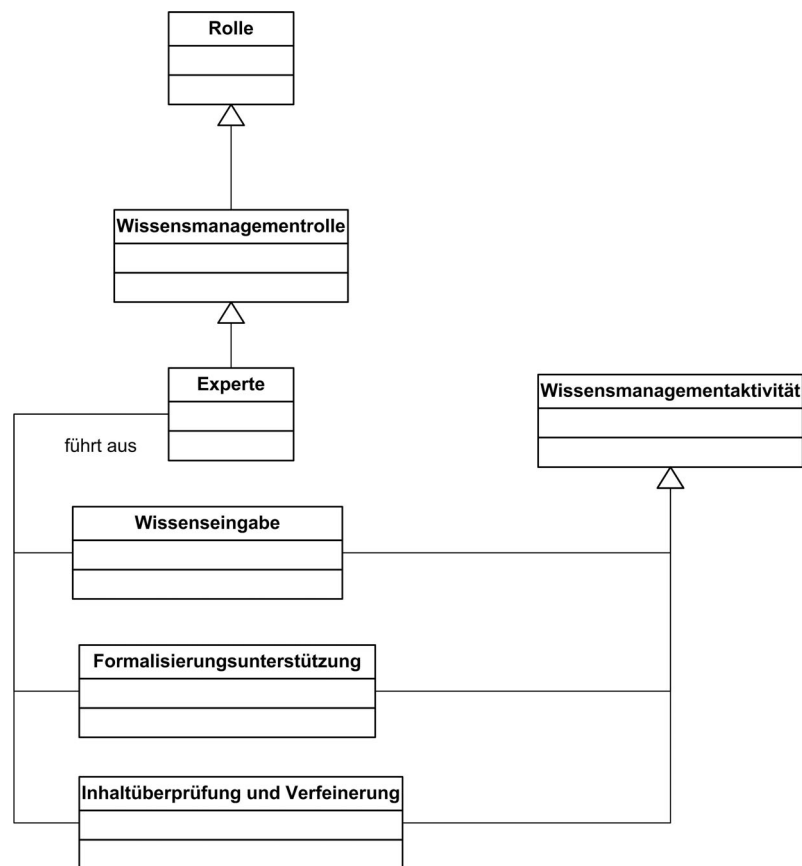


Bild 4.8: Rolle des Experten

Aktivität: Wissenseingabe

Diese Aktivität umfasst die explizite Eingabe des Wissens entsprechend der Erfassungspläne.

Eine Übersicht über die Hauptaktivität der Wissenseingabe ist in **Bild 4.9** dargestellt. Der Eingabeprozess startet jeweils mit der Erstellung eines Objektes der Klasse **Wissensobjekt**, wie es im Produktbeschreibungsmodell genau spezifiziert wird. Dies umfasst unter anderem die Eingabe der Relationen zu dem Produkt, der Produktlebenszyklusphase sowie eines generellen Kontextes als textuelle Beschreibung. Auf Grundlage der Authentifizierungsmechanismen können Benutzerinformationen automatisch festgelegt werden.

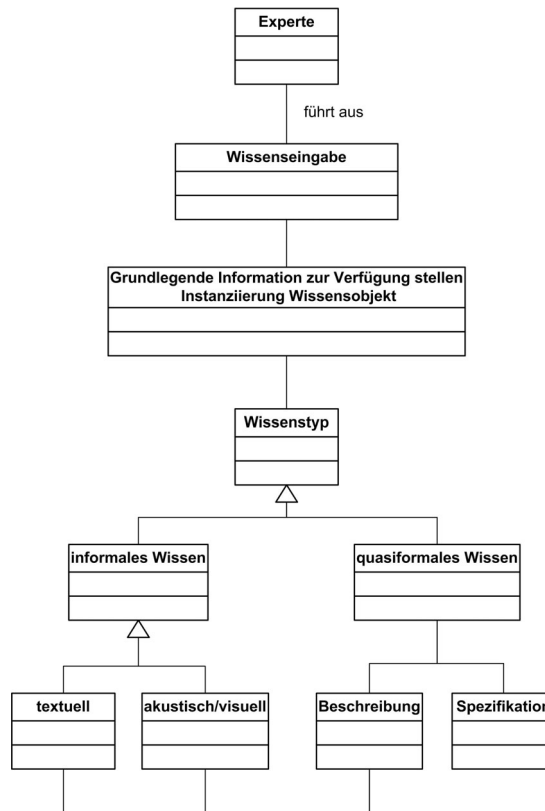


Bild 4.9: Wissenseingabe durch den Experten

Danach erfolgt die Eingabe des eigentlichen Wissensobjektes als informales oder quasiformales Wissen. Die Eingabe informalen Wissens kann entweder im textuellen oder akustisch/visuellen Format erfolgen. Die textuelle Eingabe wird in der Wissensdatenbank zur späteren Formalisierung durch den Wissensingenieur festgehalten. Die Eingabe im audiovisuellen Format erfolgt durch die Aufnahme bestimmter Arbeitsschritte mittels Videoaufzeichnungsgeräten. Geräte dieses Typs sind aktuell durchaus schon mobil einsetzbar und oft auch in Verbindung mit Handheld-Geräten, wie zum Beispiel PDA (engl.: Personal Digital Assistant) oder Mobiltelefonen verfügbar. Die Benutzung solcher Geräte erlaubt zusätzlich auch die mobile Eingabe textueller Informationen, aber auch die Abfrage einer Wissensdatenbank. Das akustisch/visuelle Format wird in der Regel benutzt, um das Wissen zu beschreiben, welches die Ausführung bestimmter Aktionen beeinflusst. Dies soll im Folgenden am Beispiel der Lagermontage illustriert werden.

Beispiel: Lagermontage

Der Monteur von Getriebeprototypen entdeckt während des Zusammenbaus eines prototypischen Aufsteckgetriebes, dass ein Lager hier nicht montiert werden kann, da die Antriebswelle einen Absatz vorweist. Zur Erfassung dieser Problematik erstellt er ein neues Wissensobjekt, welches diesen Zusammenhang dokumentiert. Die Eingabe der Hauptinformationen erfolgt mittels eines Handheld-Gerätes. Damit nimmt der Monteur eine zusätzliche Videosequenz auf, welche die Bauteile zeigt. Der Kontext wird im Detail durch natürlichsprachliche Aussagen zu den Videoaufnahmen ergänzt. Diese Eingaben können durch die mobile Anbindung des PDA an die Wissensbasis dem verantwortlichen Konstrukteur sofort, zum Beispiel getriggert, zur Verfügung gestellt werden. Dies erlaubt eine sofortige und ortsunabhängige Bearbeitung des Problems, da der Konstrukteur durch die Videoaufnahmen und die Beschreibung das Problem sofort erfassen und entsprechende Handlungsschritte einleiten kann.

Die Erfassung solcher Wissensobjekte als audiovisuelle Informationen erleichtert dem Monteur die Eingabe und bedeutet keinen wesentlichen Zusatzaufwand gegenüber einer normalen Erfassung des Vorganges und kann somit direkt in die Geschäftsprozesse eingebunden werden.

Die Erfassung quasiformalen Wissens kann in der Regel auch in jeder Phase des Produktlebenszyklus erfolgen. Typische Anwender in der Expertenrolle wären zum Beispiel Konstrukteure, Verkäufer oder Manager. Jede dieser Personengruppen benutzt in der Regel eigene Sprachausdrücke ebenso wie spezielle Software und somit Modelle. Die Einbindung dieses Wissens erfolgt über die Erstellung der Klasse Dokumentreferenz, welche ebenfalls im Produktbeschreibungsmodell definiert ist. Dies entspricht der Aktivität Spezifikation in **Bild 4.9**. Darin werden im Wesentlichen die Referenzen festgehalten und das Wissensobjekt wird einer **Wissensklasse** zugeordnet. Die Spezifikationen und Beschreibung der Software wird in der Regel nur selten, dann jedoch zentral, erneuert, so dass diese Informationen über Listenfelder selektiert werden können.

Die Aktivität Beschreibung erfolgt als textuelle Eingabe. Diese beinhaltet zusätzliche, erläuternde Informationen und kann ebenfalls vom Wissensingenieur zur Formalisierung benutzt werden.

Aktivität: Formalisierungsunterstützung

Die Formalisierungsunterstützung umfasst die Aufgaben der Unterstützung des Wissensingenieurs beim Formalisierungsprozess.

Die Formalisierung von Wissensobjekten wird durch den Wissensingenieur durchgeführt. Treten innerhalb des Formalisierungsprozesses Probleme auf, wie zum Beispiel Mehrdeutigkeiten, unklare oder unverständliche, natürlichsprachliche Begriffe oder aber auch Inkonsistenzen mit anderen Wissensobjekten, so sind diese in Zusammenarbeit mit dem Experten, der diese Objekte eingeführt hat, zu lösen. Dem Experten obliegt dabei die Aufgabe, den Wissensingenieur auf Anfrage zu unterstützen, indem er den Kontext durch zusätzliche Erläuterungen verdeutlicht. Die Durchführung einer solchen Aufgabe kann zum Beispiel telefonisch oder aber durch diverse Informations- und Telekommunikationstechnologien, wie zum Beispiel IRC (engl.: Internet Relay Chat) oder Email erfolgen. Solche digitalen Informationen sind in der Regel einfach in ein Wissensmanagementsystem zu integrieren und werden vielfach schon in den normalen Geschäftsprozessen eingesetzt.

Dieser Aktivität kommt besondere Bedeutung für den Fall zu, dass als Wissensingenieur eine neutrale Person eingesetzt wurde, welche nicht direkt in die Produktentwicklung eingebunden ist. Dann bedarf der Wissensingenieur expliziter Unterstützung durch den Konstrukteur in seiner Rolle als Experte. Nur so kann sichergestellt werden, dass bei der Transformation in allgemein verständliche Formen die Kernaussage des Experten erhalten bleibt.

Aktivität: Inhaltsüberprüfung und –verfeinerung

Diese Aktivität umfasst die Aufgaben der Verifizierung und Konkretisierung spezieller Wissensobjekte

Entsprechend der festgelegten Strategien und Pläne zur Wissensverwaltung führt der Experte die Aktivität der Inhaltsüberprüfung und –verfeinerung selbstständig oder nach expliziter Aufforderung durch den Wissensingenieur aus. Wesentliche Aufgaben sind hier die fachliche Überprüfung der Inhalte sowie die Überprüfung der Konsistenz einzelner Objekte zueinander. Durch eine Verfeinerung der Inhalte, also ein Aufbrechen der Hierarchie der Wissensobjekte, kann der Inhalt spezialisiert und somit für Benutzer verständlicher und explizit gestaltet werden.

4.2.5 Benutzer

Die Anwender des Produktwissensmanagementsystems werden innerhalb dieses Konzeptes in der Rolle **Benutzer** festgelegt. Die Benutzerrolle ergibt sich aus der Ableitung der Expertenrolle. Die Experten sind diejenigen, die das Wissen (implizit) zur Verfügung stellen, die Benutzer sind diejenigen, welche auf das explizite Wissen zugreifen und es anwenden.

Definition: Benutzer

Der Benutzer ist diejenige Person, welche auf das Wissen des erweiterten Unternehmens zugreift und dieses verwendet, um seine Geschäftsprozesse auszuführen und zu unterstützen.

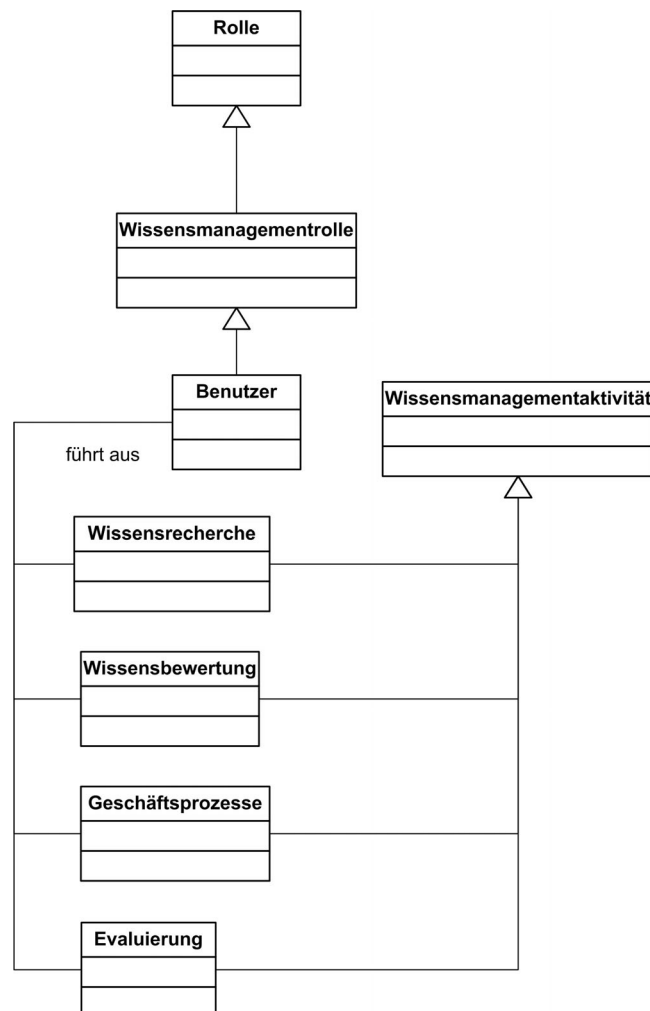


Bild 4.10: Rolle des Benutzers

In der Regel nehmen Personen innerhalb des erweiterten Unternehmens jeweils beide Anwenderrollen, Experte und Benutzer, ein. Natürlicherweise ist dies durch den Fakt bestimmt, dass niemand Experte und Spezialist auf allen Gebieten sein kann, und somit zwangsweise in den anderen Bereichen als Benutzer auftreten muss.

Die Aufgaben und Aktivitäten der Rolle Benutzer werden im Kapitel 7 ausführlich am Beispiel der Entwicklung einer innenhochdruckgefügt Nockenwelle behandelt und sollen daher an dieser Stelle nur allgemein definiert werden.

Aktivität: Wissensrecherche

Diese Aktivität umfasst die Aufgaben der gezielten Suche nach Wissensobjekten zur Lösung eines bestimmten Problems.

Diese Aktivität entspricht der Hauptaufgabe des Benutzers in diesem Konzept. Durch die schnelle und effiziente Suche nach Wissensobjekten ist es dem Benutzer möglich, seine Geschäftsprozesse schneller und besser durchzuführen. Deshalb muss die Suche mit entsprechenden Funktionalitäten ermöglicht werden, insbesondere unter Einbeziehung der zuvor erstellten Unterstützungsinformation für das Wissensmanagement, wie zum Beispiel Wissensklassifizierung.

Der folgende Abschnitt soll somit eine bevorzugte Suchmethode vorstellen und herleiten, welche innerhalb dieses Konzeptes zur Anwendung kommen soll. Diese Methode soll unter dem Begriff **Wissensbrowser** (engl. to browse: schmökern, sich umsehen) eingeführt werden.

Der Wissensbrowser stellt das Such- und Betrachtungsmodul dar, welches auf die Wissensdatenbank zugreift. Die hier angewandten Sicherheitsmechanismen beruhen auf dem Konzept der Sicherung geistigen Eigentums, welches innerhalb des Modells des erweiterten Unternehmens festgelegt wird. Die Freigabe von Verteilmechanismen und die Verwaltung von Zugriffsrechten werden vom Wisseningenieur durchgeführt und stellen die Grundvoraussetzung für den Wissensbrowser dar.

Die Sicherstellung effektiver Suchmethoden ist die Basis für eine akzeptierte Nutzbarkeit des Gesamtsystems. Um diese Effizienz zu gewährleisten, muss immer die Benutzererfahrung in die Umsetzung mit einbezogen werden. Daher muss sich das System an die Benutzer des erweiterten Unternehmens und dessen Konzepte anpassen. Die Suche sollte somit in verschiedene Views unterteilt werden können, um benutzerspezifische Suchen ermöglichen zu können. Ein langfristiges Ziel der Wissenssuche ist es, einen alternativen Weg zur Auffindung von Wissen und Informationen zu bieten, indem Benutzern relevante Wissensobjekte, gefiltert im Sinne eines intelligenten Systems, zur Verfügung gestellt werden können [Conw 2002].

Das Rückgrat des Wissensbrowsers ist die Suchmaschine, welche sich zwischen der Wissensdatenbank und der Benutzerschnittstelle befindet. Im Folgenden sollen grundlegende Suchkonzepte einer Suchmaschine sowie der zur Anwendung kommende Ansatz dieses Konzeptes vorgestellt werden.

4.2.5.1 Freitextsuche

Bei der Freitextsuche kann der Benutzer durch die Eingabe von Schlüsselwörtern, Phrasen oder ganzen Sätzen die Wissensdatenbank durchsuchen. Das System führt dabei eine syntaktische Analyse durch und identifiziert alle übereinstimmen-

den Begriffe. Diese Nomen werden als Schlüsselbegriffe für die Datenbanksuche eingesetzt. Dabei wird die Datenbank nach den Schlüsselobjekten durchsucht. In diesem Kontext sind das die Hauptklassen des Produktbeschreibungsmodells wie zum Beispiel Produkt, Anforderungsinstanz, Funktionsinstanz und ähnliche. Somit kann das gesamte Spektrum des formalisierten Wissens durchsucht werden.

Beispiel Freitextsuche:

Eingabe: Wellenabsatz, Lager

Ausgabe: Alle Wissensobjekte, welche die Objekte Lager und Wellenabsatz der Klasse Produkt miteinander verknüpfen. Dies entspricht den Hauptinstanzen der angeforderten Objekte. Diesen sind entsprechende Eigenschaften zugeordnet, wie zum Beispiel Funktionen und Anforderungen. Diese Verknüpfungen erlauben den direkten Zugriff auf die zugeordneten Eigenschaften, wie zum Beispiel die Funktion Montage.

4.2.5.2 Erweiterte Suche

Eine reine Freitextsuche liefert im Allgemeinen eine Vielzahl von Ergebnissen von denen viele für den Benutzer irrelevant sind. Durch eine erweiterte Suche kann das Ergebnis deutlich verfeinert und eingeschränkt werden. Dabei indiziert die Suchmaschine die Wissensobjekte anhand von Attributen, welche bei der Eingabe und Formalisierung erzeugt werden. Attribute dieser Art sind zum Beispiel Produktlebenszyklusphase oder Wissensklasse. Durch die Angabe zusätzlicher Attribute kann der Benutzer direkt beeinflussen, in welcher Weise die Resultate der Suche kategorisiert und gefiltert werden.

Beispiel: Erweiterte Suche

Eingabe: Wellenabsatz, Lager, zusätzliche Eingabe der Attribute der Produktlebenszyklusphase *Prototypenfertigung* und der Wissensklasse *Technisches Wissen*

Ausgabe: Die Ausgabe liefert die Ergebnisse wie in der zuvor beschriebenen Freitextsuche. Jedoch sind die Ergebnisse auf die Produktlebenszyklusphase der Prototypenfertigung und auf die Wissensklasse des Technischen Wissens beschränkt.

4.2.5.3 Visuelle Navigation im strukturierten Kontext

Um die Wissenssuche zu vereinfachen, insbesondere in Bezug auf die Nachverfolgbarkeit von Veränderungen, kann eine visuelle Navigation der Inhalte der Wissensdatenbank benutzt werden. In klassischen Suchmethoden muss der Benutzer

zu einem bestimmten Genauigkeitsgrad angeben, was er sucht. Bei einer Fehlsuche müssen die Kriterien neu gewählt werden. Dem Benutzer unbekannte Kriterien können dabei logischerweise nicht benutzt werden.

Eine visuell unterstützte Suche kann den Benutzer insbesondere bei indifferenten Suchen, das heißt der Benutzer weiß nicht exakt wonach er sucht, unterstützen.

Zusätzlich wird die Suche auch noch dadurch vereinfacht, dass der Benutzer nicht die gesamte Taxonomie verstehen muss, wie sie unter anderem in der erweiterten Suche verwendet wird, um eine effiziente Suche auszuführen. Gerade wenn die Größe der Datenbank wächst, kann eine solche Taxonomie sehr komplex und unübersichtlich werden. Aus diesem Grund wird für die visuelle Suche ein dreidimensionaler Suchansatz auf Basis von drei Hauptkategorien eingesetzt, wie es schematisch in **Bild 4.11** dargestellt ist:

- Produktlebenszyklusphase
- Wissensklasse
- Beschreibungsinformation, zum Beispiel:
 - Produkthierarchie
 - Funktionale Struktur
 - Anforderungsstruktur
 - Eigenschaftenstruktur
 - Verhalten
 - Status

Der Benutzer kann sich durch die Anwendung der dreidimensionalen Suche leicht in der internen Taxonomie des Ansatzes zurechtfinden. Die Realisierung einer solchen dreidimensionalen Suchfunktionalität erlaubt es, auch Veränderungen in der Wissensbasis zu verfolgen. Über so genannte Slide-bars kann sich der Benutzer innerhalb der entsprechenden Kategorien „bewegen“.

Über die Produktlebenszyklusphase können einzelne Wissensobjekte über den Verlauf des gesamten Produktlebenszyklus verfolgt werden. Die Bewegung innerhalb der Kategorie Wissensklasse ermöglicht es, verschiedene Klassen der Wissensobjekte zu betrachten, wie zum Beispiel technisches oder finanzielles Wissen. Die Bewegung entlang der Produktbeschreibungssachse erlaubt den Zugriff auf Wissensobjekte innerhalb hierarchischer Produktbeschreibungen. So kann zum Beispiel das Wissen innerhalb der Produktstruktur verfolgt werden, oder aber man kann von dieser Struktur ausgehend auf die verknüpften Anforderungen des ausgewählten Systems zugreifen.

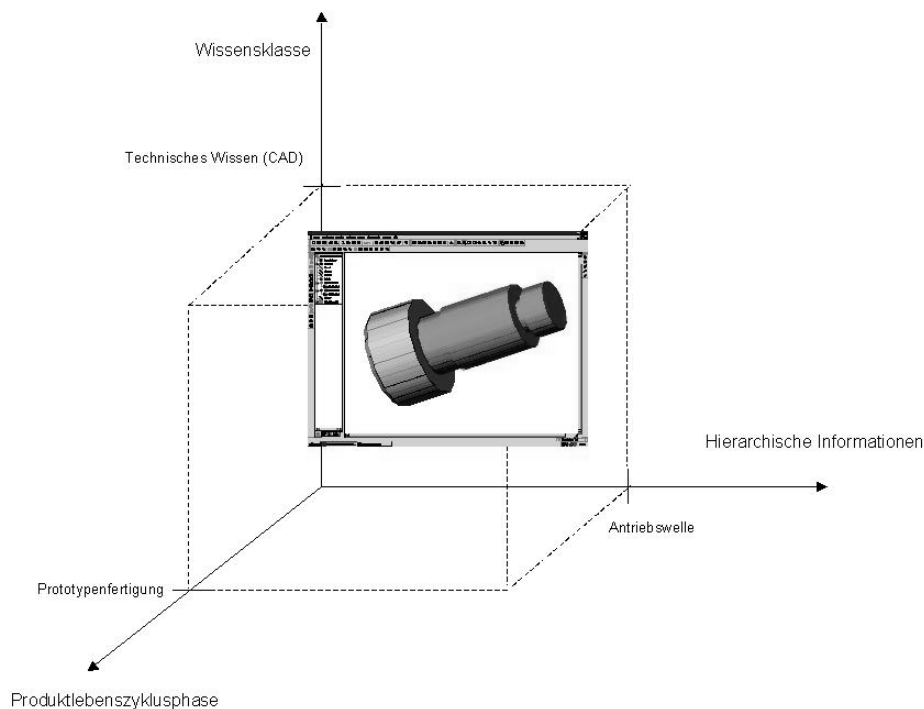


Bild 4.11: Schematische Darstellung der drei-axialen, visuellen Navigation

Aktivität: Wissensbewertung

Diese Aktivität umfasst die Aufgaben der persönlichen Bewertung und Übermittlung von Feedback über bestimmte Wissensobjekte.

Ein Aspekt der Überprüfung und Qualitätssicherung eines speziellen Wissensmanagementkonzeptes ist es, die Beurteilung von Benutzern als Qualitätsbewertung zu erfassen und auszuwerten. Auf diese Weise ist eine kontinuierliche Verbesserung des Inhalts möglich. Hierbei ist es die Aufgabe des Benutzers Bewertungen über das System und insbesondere dessen Inhalte zu vorzunehmen. Der Einsatz von Interkommunikationstechnologien kann die Akzeptanz der Benutzer und die Benutzbarkeit verbessern. So kann zum Beispiel der Einsatz von Foren dazu genutzt werden, einzelne Themen innerhalb von Benutzergruppen zu diskutieren.

Der Benutzer kann spezifische Wissensobjekte über ein Ranglistensystem, zum Beispiel in Bezug auf Anwendbarkeit oder Nützlichkeit, geben. Diese Bewertung kann somit als Objekt der zugehörigen Klassen Rangsystem und Rangelement des Produktbeschreibungsmodells festgelegt werden. Über ein zusätzliches Attribut kann der Benutzer ein Feedback bezüglich der Qualität des Wissensobjektes abgeben. Diese Attribute können vom Wissensingenieur direkt benutzt werden,

um die referenzierten Wissensobjekte zu verifizieren und gegebenenfalls zu korrigieren, beziehungsweise zu verändern.

Aktivität: Geschäftsprozesse ausführen

Diese Aktivität umfasst die Ausführung der normalen Geschäftsprozesse unter direkter Einbindung des Produktwissensmanagementsystems.

Die Hauptaufgabe von Personen innerhalb von Unternehmen ist die Erfüllung ihrer normalen Geschäftsprozesse. Die wesentlichen Geschäftsprozessdefinitionen werden in Kapitel 4.3 definiert und beschrieben. Sie können in der Regel als Arbeitsablauf erfasst werden. Die Aufgabe der Ausführung der Geschäftsprozesse bedeutet hier explizit deren Erledigung unter Einbeziehung der Wissensmanagementprozesse. Die Integration der Wissensmanagementprozesse in die Geschäftsprozesse wird durch das hier vorgestellte Informationsmodell explizit unterstützt, da beide Aktivitätenbereiche als Unterklasse der Klasse Arbeitsablauf definiert werden. Ein Beispiel für diese Integration ist, bei der Definition neuer Projekte, das heisst also in der sehr frühen Entwicklungsphase eines Produktes, die Wissensdatenbank auf ähnliche oder artverwandte Produkte zu evaluieren, um das Wissen aus Entwicklung, Produktion und Betrieb dieser Produkte in die Gestaltung des neuen Produktes zu übernehmen.

Im abschließenden Kapitel 7 Arbeit wird dieser Aspekt der Wiederbenutzbarkeit von Produktwissen und der Integration von Wissensmanagementprozessen in die gewöhnlichen Geschäftsprozesse am Beispiel detailliert beschrieben.

Aktivität: Evaluierung

Die Evaluierung umfasst die Aufgaben Auswahl, Beurteilung und Vergleich von Wissensinhalten einschließlich der Erstellung von Reports.

Durch die Abfrage der Wissensdatenbank und die automatisierte Erstellung von Reports wird dem Benutzer die Möglichkeit gegeben, bestimmte Teile des Wissens des erweiterten Unternehmens zu evaluieren. Diese Form der Produktwissensevaluierung soll in Analogie zum dreidimensionalen Suchansatz definiert werden.

Definition: Produktwissensevaluierung

Die Produktwissensevaluierung wird durch die Möglichkeit festgelegt, spezifische Teile des Produktwissens gegen die drei Achsen Produktlebenszyklusphase, Wissensklasse und Beschreibungsinformation zu vergleichen, zu bewerten und gegeneinander abzuwägen.

In **Bild 4.12** ist eine Übersicht über die Erstellung von Evaluationsberichten dargestellt. Die Wissensobjekte werden in der Wissensdatenbank gespeichert. Die Verwendung von Strukturdefinitionen erlaubt die Behandlung der äußeren Struktur eines Reports unabhängig von der inhaltlichen Bearbeitung der Informationen. Solche Definitionen können zum Beispiel mit der XSLT-Sprache (engl.: eXtensible Stylesheet Language Transformations) durchgeführt werden, wodurch die Formatierung des Reports festgelegt wird. Diese Definitionen können entsprechend als Vorlagen abgelegt und wieder verwendet werden. Die inhaltliche Bearbeitung der Wissensdatenbank erfolgt über die Definition der Abfragen gegen die Wissensdatenbank. Diese Abfragedefinitionen können über eine entsprechende Benutzerschnittstelle als XML Abfragen (engl.: eXtensible Markup Language) gegen die Datenbank ausgeführt werden. Die Benutzung von XML stellt analog die inhaltliche Abfragedefinition dar. Somit kann in diesem Prozess die inhaltliche von der strukturellen Bearbeitung der zu erstellenden Reports klar getrennt werden.

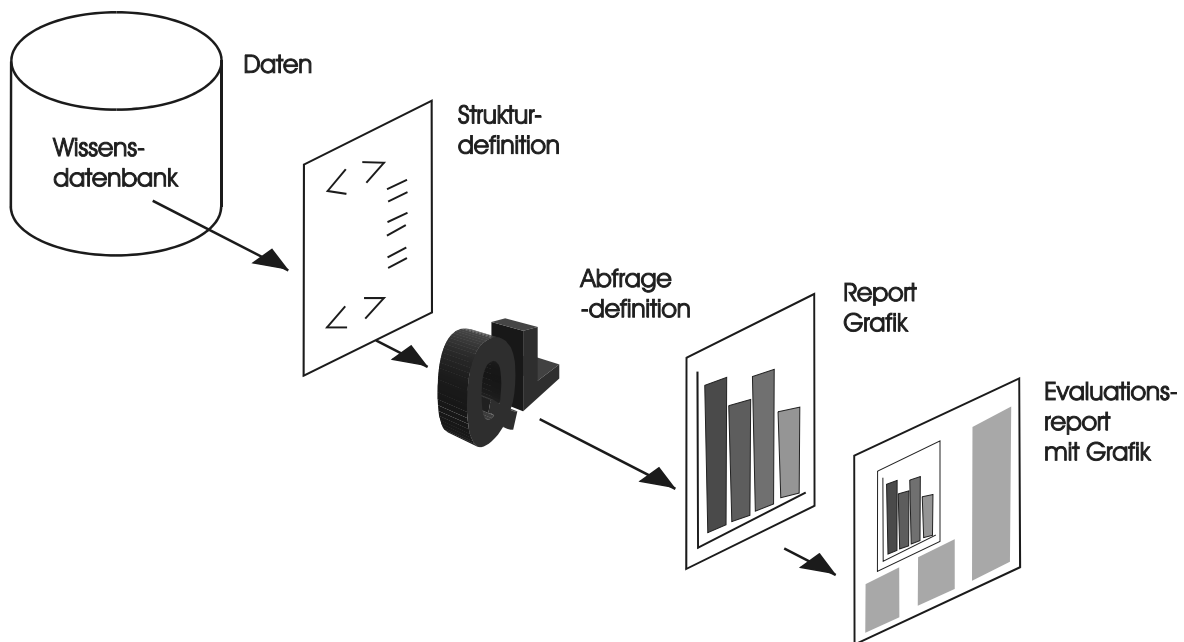


Bild 4.12: Übersicht über die Erstellung von Evaluationsreports

Das Resultat dieser Aktivität ist ein Report mit illustrativen Grafiken, welcher den Vergleich und die Bewertung bestimmter Wissensobjekte gegen die drei Kategorien Wissensklasse, Produktlebenszyklusphase und Produktbeschreibung dokumentiert. Solche Reports können entweder in der Wissensdatenbank abgelegt, oder zusätzlich als Dokumente in unterschiedlichen Formaten ausgegeben werden. Typische Formate, wie sind zum Beispiel XML/html, pdf oder reine Textdokumente sind zum Austausch mit anderen Beteiligten innerhalb einer erweiterten Unternehmensstruktur geeignet. Der zur Suchmaschine analoge, dreidimensionale Ansatz der Reporterstellung vereinfacht die Anwendung für den Benutzer.

4.3 Produktengineeringaktivitäten

Im folgenden Abschnitt wird das Konzept der Produktengineeringaktivitäten vorgestellt und definiert. Der Begriff des Produktengineering umfasst alle Aktivitäten, welche von Personen, die in Bezug zu einem bestimmten Produkt stehen, durchgeführt werden. Dies können zum Beispiel Konstrukteure oder Verkäufer, Monteure, aber auch Kunden sein. Alle diese Personen sind per Definition Mitglieder des erweiterten Unternehmens und gewinnen und erstellen während der Durchführung der produktbezogenen Aktivitäten Wissen über das Produkt. Dieser Wissensgewinn ist relevant für den Gesamtkontext.

Definition: Produktengineeringaktivität

Eine Produktengineeringaktivität ist eine Handlung eines Mitgliedes des erweiterten Unternehmens an einem speziellen Produkt.

Im Gegensatz zu den Wissensmanagementaktivitäten ist es hier nicht möglich direkte Zuordnungen zu bestimmten Rollen vorzugeben. Die Aktivitäten werden von den Personen in ihrer Funktion der Rolle in Organisation durchgeführt. Diese ist jedoch unternehmensbezogen frei definierbar, so dass in diesem Modell keine explizite Zuordnung erstellt werden kann. Es ist somit Aufgabe der verantwortlichen Personen des Unternehmens, diese Aktivitäten in ihren Geschäftsprozessen zu definieren und festzulegen.

Die Variation der Anwendung von Richtlinien und Vorgehensweisen ist allein in der Entwicklungsmethodik sehr zahlreich. Dies gilt insbesondere im erweiterten Unternehmen, wenn eine Vielzahl von Einzelunternehmen an einem Produkt zusammenarbeitet. Dies wird auch durch die Unterschiede zwischen der Systems Engineering Vorgehensweise und der VDI Richtlinie 2221, wie sie im zweiten Kapitel herausgearbeitet worden sind, belegt. Betrachtet man die Gesamtheit der Produktengineeringprozesse, so ist zu erkennen, dass die darauf beruhenden Geschäftsprozesse sehr stark innerhalb der Einzelunternehmen variieren. Deshalb ist es nötig, diese Produktengineeringaktivitäten zu abstrahieren und auf Grundaktivitäten herunterzubrechen. Aus diesen Grundaktivitäten können dann die jeweiligen Geschäftsprozesse zusammengesetzt werden. Diese Aktivitäten beruhen auf der Abstraktion von allgemeinen Vorgehensweisen und wurden zu einem großen Teil von einem Arbeitspapier einer ISO Arbeitsgruppe zur Standardisierung von Produktdaten im Bereich des Systems Engineering abgeleitet [ISO 2000].

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der wissensbasierten Produktentwicklung. Bei den hier definierten Aktivitäten ist auf Grund der benötigten Abstraktion der Zu-

sammenhang mit der Entwicklung von Produkten nicht explizit ersichtlich. Daher werden im Folgenden zum einen die Aktivitäten allgemein definiert und beschrieben, zum anderen wird aber auch der Zusammenhang zur Produktentwicklung und Konstruktion durch Beschreibungen der Verwendbarkeit in entsprechenden Prozessen der Konstruktionsmethodik erläutert.

Im **Bild 4.13** wird eine Übersicht über die Produktengineeringaktivitäten dargestellt. Jede **Produktengineeringaktivität** ist mit einem bestimmten **Produkt** oder Teil eines Produktes verknüpft. Das Produkt wird durch die Produktbeschreibungselemente definiert, also im Wesentlichen durch das Produktbeschreibungsmodell. Das Paket **Produktbeschreibungselement** enthält somit alle Schlüsselklassen des Produktbeschreibungsmodells: Wissensobjekt, Anforderung, Funktionsinstanz, Verhalten, Eigenschaft, physikalische Definition, Produktstruktur.

Zur Ausführung der Produktengineeringaktivitäten werden so genannte Unterstützungsinformationen verwendet, wie sie im Wissensmetamodell vorgestellt wurden. Diese Informationen werden als Objekte der Klassen innerhalb des Paketes **Unterstützungselement** festgehalten. Elemente, welche in diesen Aktivitäten typischerweise verwendet werden, sind zum Beispiel: Rangsystem, Version, Klassifizierungselement und weitere. Sie werden in diesem Abschnitt nur erwähnt, wenn sie für die Aktivität von grundlegender Bedeutung sind. Sie sind im Produktbeschreibungsmodell implementiert und werden in Kapitel 5 erläutert.

Aktivität: Klassifizierung

Die Aktivität Klassifizierung umfasst die Definition von Kategorien und die Einteilung bestimmter Objekten in diese Kategorien.

Bei der Klassifizierung werden so genannte Pakete erstellt. Dabei ist ein Objekt der Klasse **Paket** ein Container für Objekte, die denselben Klassifizierungskriterien entsprechen. Diese Kriterien sind durch den Anwender frei definierbar. Durch eine Beschreibung wird zusätzliche Information über ein solches Paket erstellt. Diese Pakete stellen als Gruppe ein so genanntes **Klassifizierungssystem** dar. Pakete können somit in den Klassifizierungssystemen hierarchisch abgebildet werden. Durch die Benutzung eines Objektes der Klasse **Klassifizierungselement** können einzelne Elemente einem bestimmten Paket zugeordnet werden. Dies wäre zum Beispiel die Zuordnung einer CAD-Datei zu der Klasse der Entwicklungsdaten.

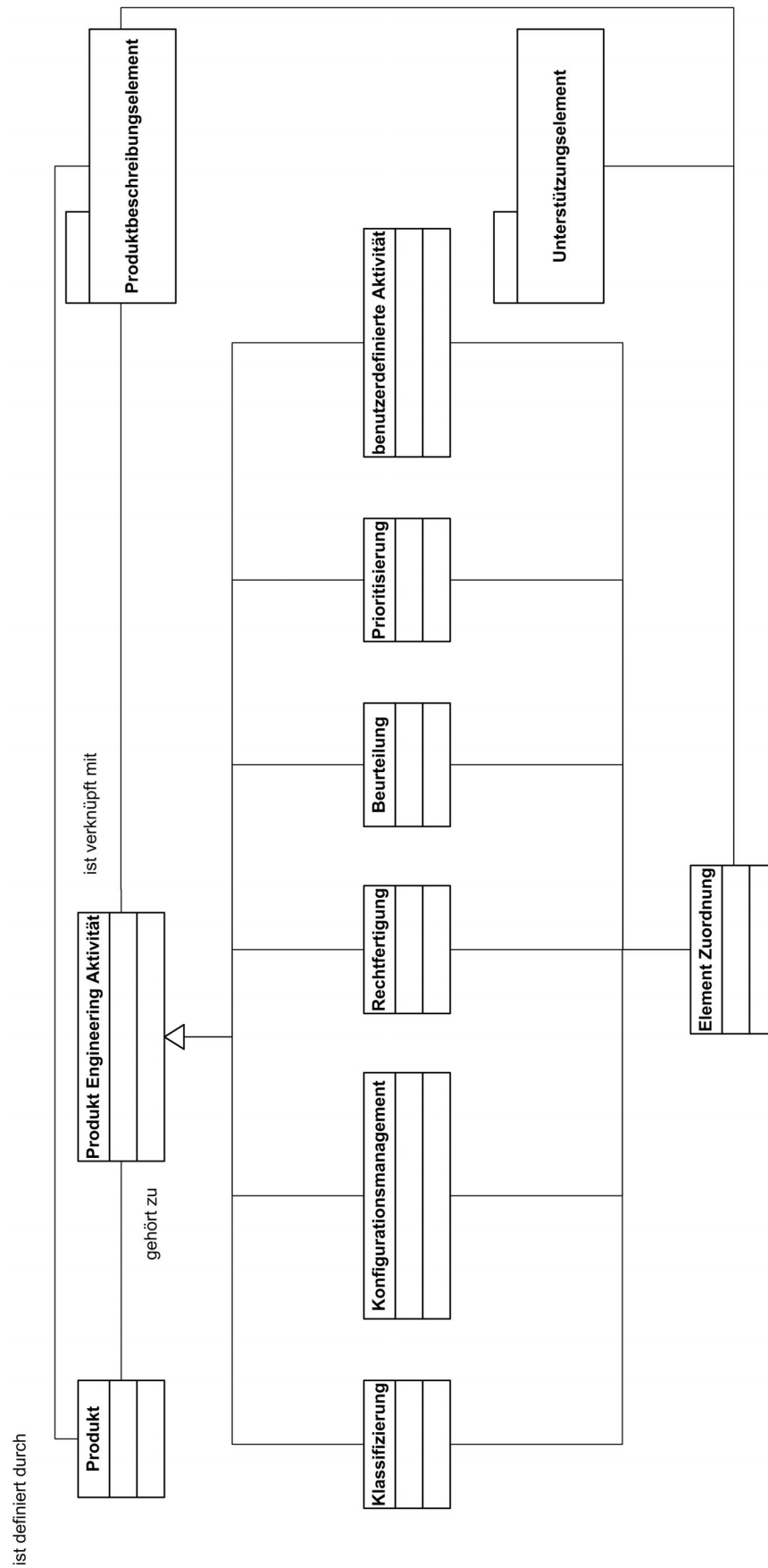


Bild 4.13: Übersicht über die Produktengineeringaktivitäten

In der Produktentwicklung wird die Klassifizierung in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt. In der frühen Produktentwicklungsphase wird in der Regel zur Klärung und Präzisierung der Aufgabenstellung sowie deren Dokumentation eine Anforderungsliste erstellt. Diese Anforderungsliste stellt ein entwicklungsbegleitendes Dokument dar. Gerade in diesem Zusammenhang kommt der Klassifizierung von Anforderungen eine besondere Bedeutung zu. [RoBE 1975] empfiehlt zum Beispiel die Wünsche nach ihrer Bedeutung zu klassifizieren. Somit können je nach Bedeutung die Kundenwünsche erfüllt werden. Es ist aber auch möglich, die Anforderungen nach technischen Aufgabenbereichen zu klassifizieren. Dies ermöglicht eine vereinfachte Weiterverarbeitung der daraus resultierenden Aufgaben, wie zum Beispiel Funktionsanalyse, Lösungsfindung, etc. Gerade bei sehr umfangreichen Anforderungslisten für komplexe Produkte ermöglicht eine Klassifizierung eine frühzeitige Aufteilung der daraus resultierenden Konstruktionsaufgaben.

Im Konstruktionsprozess des Ausarbeitens und detaillierten Designs, der in einer späteren Entwicklungsphase stattfindet, werden ebenfalls oftmals Klassifizierungen eingesetzt. Das Ergebnis des Ausarbeitens ist Festlegung der Lösung für die Herstellung und eine vollständige Zusammenstellung von Nutzungsangaben, das heißt der Produktdokumentation. Dies ist in der Systems Engineering Vorgehensweise als Produktrealisierung mit den Unterprozessen der Implementierung und Benutzungsüberführung bekannt. Eine Teilaufgabe des detaillierten Designs ist zum Beispiel die exakte Kennzeichnung von Teilen und Gegenständen für die spätere Verwendung.

Neben der reinen Identifizierung kann nach [PaBe 1998] aber auch eine getrennte Klassifizierung zum Beispiel nach Sach- oder Klassifikationsnummernsystemen oder Sachmerkmalsystemen erfolgen. Dabei kann eine Klassifizierung auch hierarchisch erfolgen, etwa nach Grob- und Kleinklassifizierung. Typische Klassen für eine Grobklassifizierung sind unter anderem technische, wirtschaftliche und organisatorische Unterlagen, Zukaufteile, Halbzeuge, Hilfs- und Betriebsstoffe, etc.

Die Klassifizierung von Informationen stellt dabei einen Wissensseintrag gemäß der in Kapitel 3 gegebenen Wissensdefinition dar. Die Ergebnisse der Klassifizierungsprozesse auf der Basis von Daten- und Informationen über die entsprechenden Teile und Systeme stellen somit Wissensobjekte dar. Im Klassifizierungsprozess verknüpft der Konstrukteur bestimmte Informationen über Objekte und fügt sie zu Klassen zusammen. Dabei ist es die Aufgabe des Konstrukteurs zu entscheiden, welche Klassen wesentlich für die Ziele der Klassifizierung innerhalb des Unternehmens sind. Dies entspricht dem eigentlichen Wissensseintrag durch den Konstrukteur. Das Ergebnis der Klassifizierung dient dann im Wesentlichen der weiteren Bearbeitung. So kann zum Beispiel der innerbetriebliche Informationsumsatz effizienter gestaltet werden. Jeder Bearbeiter kann sich dadurch schneller und umfassender über bereits konstruierte Teile informieren. Die Verwendung

solcher Wiederholteile ist bei Neu-, Anpassungs- und Variantenkonstruktionen von Bedeutung.

Aktivität: Konfigurationsmanagement

Das Konfigurationsmanagement umfasst die Aufgaben der Identifikation und Formalisierung von Produktmerkmalen zur Sicherstellung der Integrität des Produktes und Nachverfolgbarkeit von Änderungen.

Zur Durchführung des Konfigurationsmanagement sind grundlegende Elemente eines Produktbeschreibungsmodells als Unterstützungsinformation nötig, welche die Konsistenz gewährleisten. Eindeutige Bezeichner gewährleisten, dass Objekte nicht redundant oder inkonsistent aufgebaut werden. Jedem Objekt des Produktbeschreibungsmodells wird somit ein eindeutiger Bezeichner zugeordnet. Eine Klasse **Konfigurationselement** wird dazu benutzt, Informationen über ein Objekt oder eine Gruppe von Objekten zusammenzufassen, welche allen Versionen gemeinsam sind. Ein solches Konfigurationselement ist also als Container aller Versionen eines selben Dinges zu sehen. Über einen Namen und eine Beschreibung wird es explizit erläutert. Die Veränderungshistorie wird über ein Objekt der Klasse **Version** festgelegt. Erst die Kombination eines Objektes der Klasse Konfigurationselement mit einer Anzahl von Objekten der Klasse Version erlaubt somit die Erstellung einer Änderungshistorie.

Eine Version eines Produktes kann dabei aus verschiedenen Versionen einzelner Bauteile eines Produktes zusammengesetzt sein. Ein Auto der Version 1 kann somit zum Beispiel aus einer Karosserie der Version 1, einem Motor der Version 3 und einem Fahrwerk der Version 2 zusammengesetzt sein. Die nächste Version 2, sozusagen die nächste Ausgabe des Autos, könnte sich aus einer Karosserie der Version 2, einem Motor der Version 1 und einem Fahrwerk der Version 3 zusammensetzen. Dieses Beispiel zeigt somit auf, dass zum einen Versionen von gesamten Produkten, aber auch die Versionen einzelner Bauteile eines Produktes verwaltet werden müssen. Dadurch kann dann eine Änderungshistorie über den gesamten Produktlebenszyklus erstellt werden. Durch Benutzung einer **Versionsbeziehung** kann der Anwender festlegen, um welche Art einer Versionsänderung es sich handelt. Dadurch wird die Beziehung zweier Versionen zueinander beschrieben und definiert. Dies können zum Beispiel eine Variante, eine Revision oder eine Alternative sein. Durch eine zusätzliche **Änderungsbeschreibung** kann weitere Information über die Art oder den Grund der Änderung hinzugefügt werden. Dies stellt einen wesentlichen Faktor für die Eingabe neuen Wissens dar, indem zum Beispiel Entscheidungsgründe für eine Veränderung festgehalten werden. Diese können dann vom Wissensingenieur formalisiert und verwaltet werden.

Konfigurationsmanagement, welches auch oft im Zusammenhang mit Änderungsmanagement dargestellt wird, wird oftmals nicht explizit durchgeführt, obwohl es gerade in den letzten Jahren in der gemeinschaftlichen Produktentwicklung an Bedeutung gewonnen hat. Vor einigen Jahren wurde diese Methode standardisiert und findet seitdem zunehmend Anwendung. Die nachfolgende Definition der Electronic Industry Alliance stellt die wesentlichen Aspekte des Konfigurationsmanagement zusammen:

Konfigurationsmanagement:

Das Verfahren zur Herbeiführung und ständiger Sicherstellung der Übereinstimmung der Leistungs-, Funktions- und physischen Charakteristiken eines Produkts mit den zugehörigen Anforderungen, den Ausführungen, den Ausführungsunterlagen und den für den Betrieb erforderlichen Informationen während des gesamten Lebenszyklus des Produkts [EIA 1999].

Daraus wird die Bedeutung für die Produktentwicklung deutlich. Eine kontinuierliche Konsistenz von Produktparametern über den gesamten Lebenszyklus ist gerade bei Varianten- oder Anpassungskonstruktionen von besonderer Bedeutung. Die Änderung von Teilanforderungen resultiert auch in der Änderung eine Vielzahl von Produktparametern, die sich gegenseitig beeinflussen können. Gerade bei einer Vielzahl von Variationen ist es ohne eine entsprechende Methodik nicht einfach, die Konsistenz innerhalb der Variationen gewährleisten zu können.

Zur Rationalisierung des Konstruktions- und Fertigungsprozesses werden oftmals Baureihen und Baukästen entwickelt. Eine Baureihe sind dabei Produkte, welche dieselben Funktionen mit der gleichen Lösung in mehreren Größenstufen erfüllen. Sobald auch andere Funktionen zu erfüllen sind, spricht man von Baukastensystemen. Von einem Grundentwurf ausgehend werden die entsprechenden Folgeentwürfe abgeleitet. Baukästen werden partiell durch Module konkretisiert. Daraus ist leicht ersichtlich, dass in praxi von einem Grundentwurf leicht mehrere hundert Produkte in den verschiedensten Variationen entstehen können. In der Automobilindustrie gibt es oft einige hunderttausend Variationen eines Fahrzeugtyps.

Dem Konstrukteur obliegt es hierbei, die Konsistenz der Produktparameter für alle Variationen zu gewährleisten, so dass sämtliche Funktionen und Anforderungen für jede Einzelvariation erfüllt bleiben. Das Konfigurationsmanagement stellt somit die Wissensbasis für die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Produktparametern über den gesamten Lebenszyklus dar. Das Ergebnis dieser Prozesse ist ein vollständiger Wissenscontainer über die Relationen zwischen Produktparametern in Abhängigkeit von Anforderungen und Funktionen an die Produktvariationen. Es stellt somit einen bedeutenden Eintrag in die gesamte Wissensbasis

über ein Produkt dar, welches in Folge auch für die Fertigung, Montage und den Vertrieb von großer Bedeutung ist.

Aktivität: Beurteilung

Die Beurteilung umfasst die Überprüfung und Bewertung der Qualität und Ausführung eines Produktes hinsichtlich bestimmter Anforderungen.

Diese Aktivität kann gleichgesetzt werden mit den Aufgaben der Bewertung und Analyse eines Produktes gegen die angesetzten Anforderungen. Zunächst werden die entsprechenden Merkmale eines Produktes überprüft. Kern des Vergleiches der Produktmerkmale mit den Anforderungen ist das Anforderungsmanagement. Die Durchführung von Anforderungsmanagement ist in den verschiedenen Vorgehensweisen in Umfang und Bedeutung unterschiedlich stark ausgeprägt, wie im zweiten Kapitel bereits beschrieben. Die Aktivität Beurteilung bleibt dabei jedoch in allen Bereichen gleich. Es verändert sich nur die Interpretation des Begriffes Anforderungen. Anforderungen in dieser Definition entsprechen der Sichtweise des Systems Engineering und sind in dieser Art zu interpretieren. Dies ist insbesondere bei einer Softwareimplementation umzusetzen.

Die Aktivität der Beurteilung wird von autorisierten Personen in einer Rolle in der Organisation durchgeführt. Diese Autorisierung ergibt sich aus der Definition des erweiterten Unternehmens. Einer Beurteilung wird ein bestimmter Grad zugeordnet, welcher durch den Anwender definierbar ist. Dies wäre zum Beispiel „Freigabe zur Serienfertigung“ oder „Abschließender Entwurf“. Über ein Objekt der Klasse **Beurteilungsverhältnis** wird dies bestimmten Objekten des Produktbeschreibungsmodells mit einer erläuternden Beschreibung zugeordnet.

In der Produktentwicklung findet im Anschluss an die Lösungsfindung in der Regel eine systematische Auswahl der Lösungen aus einem möglichst breiten Lösungsfeld statt. Der entscheidende Wissensanteil des Konstrukteurs liegt hier in der Einschränkung aller theoretisch möglichen Lösungen auf die wesentlichen Lösungen für das Problem. Hierzu wird in der Regel eine Bewertung durchgeführt, welche den Wert einer Lösung in Bezug auf vorher festgelegte Zielvorstellungen ermittelt. Alle Teilaspekte der Zielvorstellung müssen dabei berücksichtigt werden. Klassische Bewertungsmethoden, welche in der Praxis angewandt werden, sind zum Beispiel die Nutzwertanalyse oder die technisch-wirtschaftliche Bewertung. Dem Konstrukteur kommt dabei insbesondere die Aufgabe der Festlegung der Bewertungskriterien zu. Aus seinem Erfahrungswissen leitet er diese Kriterien als vollständige, unabhängige und erfassbare Ziele ab. Somit stellt alleine die Festlegung der Bewertungskriterien einen Wissensseintrag dar.

Die Bedeutung einzelner Kriterien für den Gesamtwert eines Systems ist ebenfalls ein essentieller Aspekt dieser Verfahren. Die Festlegung von bestimmten Prioritäten wird teils unbewusst und teils sehr gezielt eingesetzt. Diese Prioritisierung, wie sie im Folgenden definiert wird, erlaubt die Festlegung einer Bedeutungsreihenfolge einzelner Kriterien. Es ermöglicht „unscharfe“ Bewertungen gegeneinander quantitativ festzulegen. Auf dieser Grundlage beruhen zum Beispiel die meisten gewichteten Bewertungsverfahren. Dabei werden bestimmten Kriterien entsprechende Gewichtungsfaktoren zugeordnet, welche einer Einordnung in ein Rangsystem gleichkommen wie zum Beispiel in der Nutzwertanalyse oder der Bewertung nach VDI 2225 [PaBe 1998]. Durch die Verwendung solcher Prioritisierungen wird es dem Konstrukteur ermöglicht, relativ neutrale Bewertungen eines Systems durchführen zu können, um den Gesamtwert des Systems zu optimieren. Der wesentliche Wissensseintrag besteht hier in der Einordnung und Gewichtung einzelner Kriterien. Der Konstrukteur hat dafür Sorge zu tragen, dass Beurteilungsunsicherheiten, wie zum Beispiel Subjektivität oder verfahrensbedingte Fehler vermieden werden.

Aktivität: Prioritisierung

Die Aktivität Prioritisierung umfasst die Aufgaben der Definition eines Rangsystems und der Einordnung von Objekten in dieses System.

Innerhalb dieser Aktivität werden Objekte der Klasse **Rangsystem** erstellt. Die Kriterien für die Erstellung des Rangsystems sind dabei durch den Anwender frei wählbar. Das Rangsystem besteht aus einer Anzahl von **Rangelementen**, welche entsprechend der Definition des Systems geordnet sind. Objekte der Klasse **Rangelement** stellen eine Relation zwischen Elementen des Produktbeschreibungsmodells und einem Rang innerhalb des Systems her. Dadurch wird bestimmten Elementen eine höhere oder niedrigere Priorität gegenüber anderen Elementen entsprechend der definierten Kriterien zugewiesen. Über Objekte der Klasse **Ranggruppe** können selektierte Elemente miteinander verglichen und eingeordnet werden. Einer Ranggruppe ist eine Anzahl von Elementen zugeordnet, denen das gleiche Kriterium zur Einordnung in das Rangsystem zu Grunde liegt. Zusätzliche textuelle Erläuterungen zur Erklärung der Einordnung und der Auswahl der Kriterien werden durch den Anwender eingegeben. Diese Informationen werden vom Wissensingenieur erfasst, formalisiert und als Wissensobjekte verwaltet.

Aktivität: Rechtfertigung

Die Rechtfertigung umfasst die Aufgaben der ausführlichen Begründung für Entscheidungen in Bezug auf ein bestimmtes Produkt.

Eine Rechtfertigung ist eine textuelle Beschreibung der Gründe für die Existenz, Konstruktionsentscheidung, Bewertung oder aber auch der Änderung in Bezug auf ein bestimmtes Produkt oder Teil eines Produktes. Über eine Relation wird ein Bezug zu einem Produkt oder einem Produktelement hergestellt. Dieses wird als Objekt der Klasse **Rechtfertigungstyp** realisiert. Somit stellt diese Klasse ebenfalls einen wesentlichen Prozess zur Erfassung von Produktwissen dar.

Dem Prozess der Rechtfertigung wird bislang im methodischen Konstruieren meistens nicht ausreichend Rechnung getragen. Es findet weder eine explizite Beachtung der Rechtfertigung noch eine Dokumentation derselben statt. Dabei kommt aus der Sicht des Wissensmanagement der Rechtfertigung, das heißt der Ratio für eine Entscheidung, eine besondere Bedeutung zu. Der Entscheidungsprozess ist in der gesamten Konstruktionsmethodik als sehr bedeutend einzustufen. Er basiert auf zuvor durchgeführten Beurteilungen und Bewertungen einzelner Lösungen und Systeme. Diese Bewertungen sind jedoch nicht getrennt zu betrachten, sondern müssen vom Konstrukteur immer im Zusammenhang mit einer Vielzahl anderer Systeme und Parameter, welche durch eine Entscheidung beeinflusst werden, gesehen werden. Daher ist der Konstrukteur hier in der Verantwortung, Entscheidungen nicht abgegrenzt sondern immer im Gesamtkontext zu treffen. Eine solche Aktion ist nicht, oder zumindest nur unter erheblichem Aufwand, zu formalisieren und abzulegen. Daher empfiehlt der Autor dieser Arbeit die Einführung des Prozesses Rechtfertigung als textuelles Objekt. Somit wird es dem Benutzer ermöglicht, die Argumente für eine bestimmte Entscheidung textuell abzulegen. So können diese wesentlichen Wissensobjekte ebenfalls für andere Beteiligte des Produktentwicklungsprozesses zugänglich gemacht werden.

Die in diesem Kapitel definierten und beschriebenen Produktengineeringaktivitäten sind nicht zwingend vollständig dargestellt. Vielmehr stellen sie eine Abstraktion der gewohnten Aktivitäten der Personen innerhalb der Geschäftsprozesse dar, um eine allgemeine Anwendbarkeit zu ermöglichen. Zur Ergänzung beziehungsweise zur exakten Integration in die Geschäftsprozesse können über die Klasse **Benutzerdefinierte Aktivität**, wie sie bereits zu Anfang des Kapitels definiert worden ist, zusätzliche Aktivitäten definiert werden. Die Erstellung solcher anwendungsspezifischer Aktivitäten wird durch entsprechend autorisierte Personen innerhalb des erweiterten Unternehmens durchgeführt.

Im methodischen Konstruktionsprozess gibt es auch konkrete Aufgaben, welche nicht exakt durch die oben beschriebenen Prozesse abgebildet werden können. Solche Prozesse können in der Klasse Benutzerdefinierte Aktivität festgelegt werden.

Als Anwendungsbeispiel sei die methodische Lösungsfindung genannt. Generell kann zwischen konventionellen, intuitiven und diskursiven Methoden unterschieden werden. Diese Methoden sind in der Regel alle recht vielschichtig und werden

oftmals kombiniert eingesetzt. Eine zu streng reglementierte Vorgehensweise ist nicht immer erwünscht, da sie die Kreativität des Konstrukteurs einschränken kann.

Allen Methoden ist jedoch gemein, dass bei der methodischen und zum Teil kreativen Lösungsfindung ein bedeutender Wissensseintrag über ein System erstellt wird. Der Autor empfiehlt eine strategieabhängige, direkte Integration des Wissensmanagementsystems in diese Lösungsfindungsprozesse. Dies hat zum einen den Vorteil, dass eine nahezu vollständige Erfassung des Wissensseintrages möglich ist, zum anderen kann dies für die Benutzer vollständig transparent durchgeführt werden. Ein Beispiel für eine solche Realisierung wäre das Brainstorming. Dies könnte bei der Integration des Wissensmanagementsystems direkt durch eine entsprechende Benutzeroberfläche realisiert werden. Die Eintragungen des Moderators in das entsprechende Werkzeug können automatisch bearbeitet und die Ergebnisse direkt in die Wissensbasis übernommen werden.

5 Produktbeschreibungsmodell

Im vorangegangenen Kapitel wurde das Produktwissensmanagementmodell vorgestellt und erläutert. Dieses Modell enthielt alle wichtigen Rollen und Prozesse, die zur Ausführung von Wissensmanagementaufgaben in einem erweiterten Unternehmen benötigt werden. Es lässt sich somit als Prozessmodell klassifizieren. In diesem Kapitel wird das so genannte Produktbeschreibungsmodell eingeführt und beschrieben. Im Gegensatz zum Produktwissensmanagementmodell handelt es sich dabei nicht um ein Prozessmodell, sondern um ein Spezifikationsmodell. Auf Grund der allgemeinen Anwendbarkeit wurde das Produktbeschreibungsmodell ebenfalls in der Modellierungssprache UML [OMG 2003] abgebildet. Dies dient der vereinfachten Integrierbarkeit und möglichen Modularisierung des Ansatzes.

Das Produktbeschreibungsmodell dient der Repräsentation der Produkte und der Bereitstellung von Informationen zur Unterstützung der Wissensmanagement- und Geschäftsprozesse. Dieses Modell unterteilt sich somit in zwei Bereiche. In **Bild 5.1** sind die Spezifikationselemente des Produktbeschreibungsmodells explizit dargestellt. Diese Elemente sind aus dem entstehenden STEP Standard ISO 10303-233 Systems engineering data representation abgeleitet worden [ISO 2000]. Die Verwendung des entstehenden Standards bietet den Vorteil, dass dieser Standard auf dem aktuellen Stand der Technik der Repräsentation von Produktdaten und allgemein anwendbar ist [John 2000]. Ein zweiter wesentlicher Vorteil besteht darin, dass dieser Standard bereits vielfach in industriellen Szenarien erprobt und angewandt worden ist [EcJo 2003].

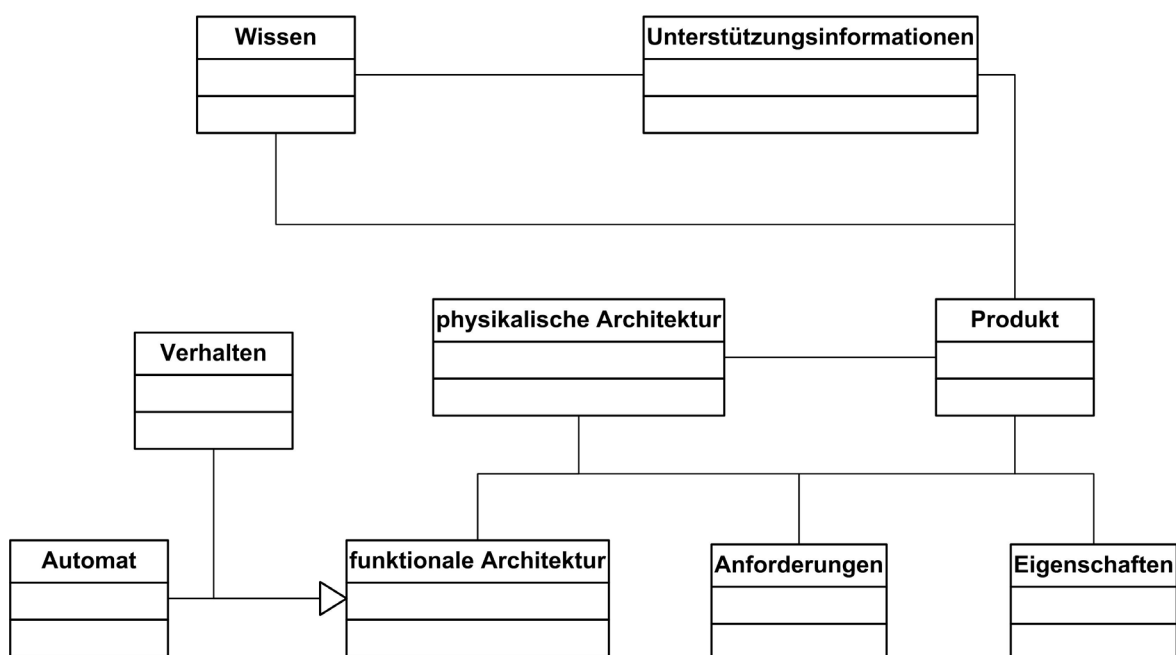


Bild 5.1: Übersicht über das Produktbeschreibungsmodell

Die Unterstützungsinformationen wurden explizit an die Verwendung in dem in Kapitel 4 vorgestellten Wissensmanagementkontext angepasst und sollen hier getrennt von den Produktspezifikationen erläutert werden.

Bild 5.1 zeigt eine Übersicht über die wesentlichen Spezifikationselemente des Produktbeschreibungsmodells. Die Hauptklasse ist das **Produkt**. Diese beschreibt die Architektur und Komposition des zu entwickelnden Produktes. Es wird spezifiziert durch die Klasse **Anforderungen**. Diese Klasse enthält alle Unterklassen, welche die Anforderungen an ein Produkt beschreiben können. Das Produkt wird durch Objekte der Klasse **Eigenschaften** festgelegt. Aus der Anforderungsstruktur lässt sich in der Konstruktion in der Regel eine Funktionsstruktur ableiten, welche durch die Klasse **funktionale Architektur** beschrieben wird. Diese Klasse lässt sich entsprechend in Klassen unterteilen, welche das **Verhalten** beziehungsweise die Beschreibung als **Automat** beinhalten.

Die Beschreibung der physikalischen Realisierung eines Produktes erfolgt durch die Klasse **physikalische Architektur**. Es sei hiermit nochmals explizit darauf hingewiesen, dass zwischen dem Produkt als spezifiziertes System, welches durch die Klasse Produkt festgelegt wird, und zwischen der physikalischen Realisierung eben jener Spezifikation, festgelegt durch die Klasse **physikalische Architektur**, entsprechend der Systems Engineering Philosophie unterschieden wird.

Das Gesamtbild eines Produktes ergibt sich jeweils nur, wenn alle Objekte dieser Hauptklassen existieren und miteinander verknüpft sind. Durch die Klasse **Unterstützungsinformation** wird der Bezug zum **Wissen** hergestellt, welches partiell in den Produktspezifikationen als **Daten** und **Informationen** vorliegt. Spezielle Objekte, welche das Wissen über ein Produkt beschreiben, werden in den Unterstützungsinformationen festgehalten, weshalb diese am Ende des Kapitels gesondert beschrieben werden.

5.1 Spezifikationselemente

Der Inhalt einer Produktspezifikation auf Systems Engineering Grundlage ist bereits Inhalt zahlreicher Veröffentlichungen und wurde bereits als öffentlich zugängliche Spezifikation (PAS 20542) im Rahmen der ISO publiziert. Der Vollständigkeit halber werden hier die Hauptobjekte einer solchen Spezifikation bereitgestellt, um als Grundlage für den kontextuellen Zusammenhang mit dem Produktwissensmanagementansatz zu fungieren.

Prinzipiell ist es jedoch auch möglich, eine, andere Produktspezifikation zu verwenden. Dies ist insbesondere bei bereits in den Unternehmensstrukturen fest verankerten Modellen vorzusehen. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Spezifikationselemente und deren Interpretation, wie sie im Folgenden dargestellt werden, in diesen Modellen implementiert sind beziehungsweise werden.

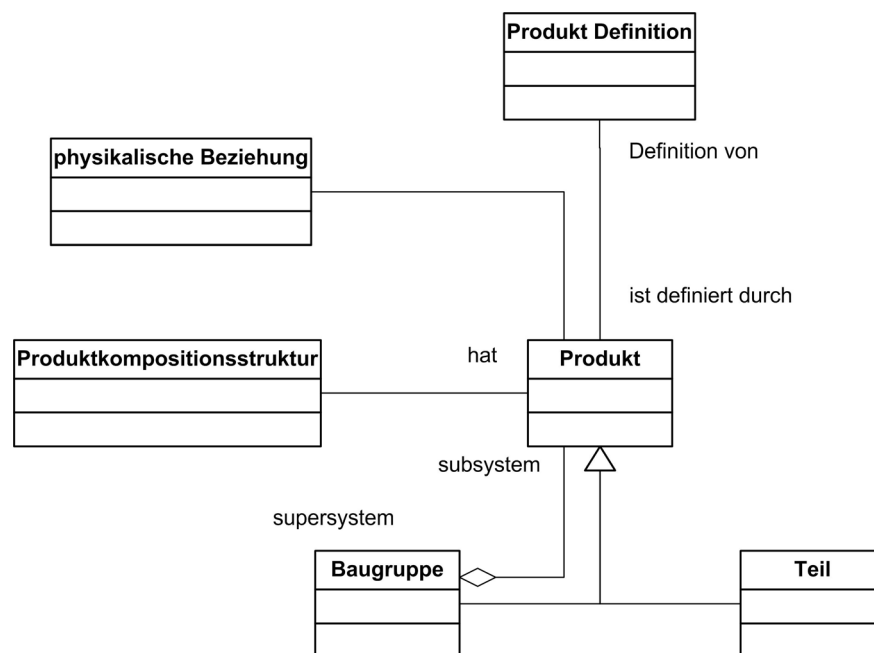


Bild 5.2: Komposition des Produktes

Der Kern des Produktbeschreibungsmodells ist die Definition eines Produktes, wie in **Bild 5.2** dargestellt. Dabei dient die Klasse **Produkt Definition** zur Festlegung und Sammlung aller Informationen über ein Produkt, wonach dieses ausgeführt wird. Diese Klasse ist somit als eine Art Container zu betrachten, in welchem die Eigenschaften, Funktionen, Verhalten, Anforderungen und physikalischen Strukturen eines Produktes strukturiert festgehalten werden. Eine Produkt Definition entspricht somit der Repräsentation einer Spezifikation für ein vollständiges System.

Die Produkt Definition ist ein Spezifikationscontainer von einem bis mehreren Produkten. Die Klasse **Produkt** ist eine Aggregation der Klasse Produkt Definition,

somit ist ein Produkt je exakt einer Produktdefinition zugeordnet. Ein Produkt ist eine Aggregation einer Produktdefinition in einem bestimmten Kontext. Ein Produkt ist hier modelliert als eine hierarchische Struktur von Baugruppen und Teilen.

Dabei ist ein **Teil** eine im Kontext nicht weiter zerlegbare Baugruppe eines Produktes. Die Möglichkeit der Dekomposition der Struktur einer Baugruppe oder eines Teiles hängt dabei explizit vom vorgegebenen Kontext ab. So ist zum Beispiel ein Wälzlager für den Konstrukteur einer Werkzeugmaschine als einzelnes Teil zu betrachten, welches er von einem Zulieferer einkauft. Aus der Sicht des Zulieferers ist das Lager jedoch eine Baugruppe, welche wiederum aus einer Vielzahl von einzelnen Teilen besteht.

Somit ist jedes Produkt ebenfalls eine Aggregation einer **Baugruppe**. Die Baugruppe wiederum kann ein Teil eines Produktes sein, ebenso wie das Teil. Dies bedeutet, dass jedes Produkt aus Baugruppen und Teilen in null bis mehreren Hierarchieebenen komponiert wird.

Durch die Klasse **Produktkompositionsstruktur** wird beschrieben, in welcher Art und Weise ein Produkt zusammengesetzt ist. Eine solche Struktur beschreibt im Wesentlichen die unterschiedlichen Arten der Zusammensetzung und welches Bauteil in welchem Zusammenhang zu einem oder mehreren anderen Bauteilen steht.

Durch die Klasse **physikalische Beziehung** wird der Kontext zwischen dem Produkt und dessen physikalischer Realisierung festgelegt (**Bild 5.3**). Diese wird in der Klasse **physikalische Instanz** definiert. Dabei handelt es sich um die physikalische Umsetzung eines Systems, welches nach der Klasse Produkt spezifiziert ist. Eine physikalische Instanz ist in logischer Konsequenz somit gleich aufgebaut wie die Klasse Produkt. Sie ergibt sich als Aggregation einer speziellen **physikalischen Definition**. Diese kann ebenfalls mehrere verschiedene physikalische Instanzen definieren. Die analog zur Produkthierarchie aufgebaute physikalische Hierarchie wird durch die Klassen **physikalische Baugruppe** und **physikalisches Teil** definiert. Jeder physikalischen Instanz sind ein oder mehrere Anschlüsse zugeordnet, welche in der Klasse **Physikalischer Anschluss** spezifiziert werden. Zwei oder mehrere Anschlüsse werden zu einer Verbindung zusammengefasst, welche in der Klasse **Physikalische Verbindung** explizit spezifiziert werden. Diese beiden Klassen entsprechen dem physikalischen Analogon der Produktkompositionsstruktur in **Bild 5.2** und repräsentieren somit den physikalischen Zusammenbau des Produktes.

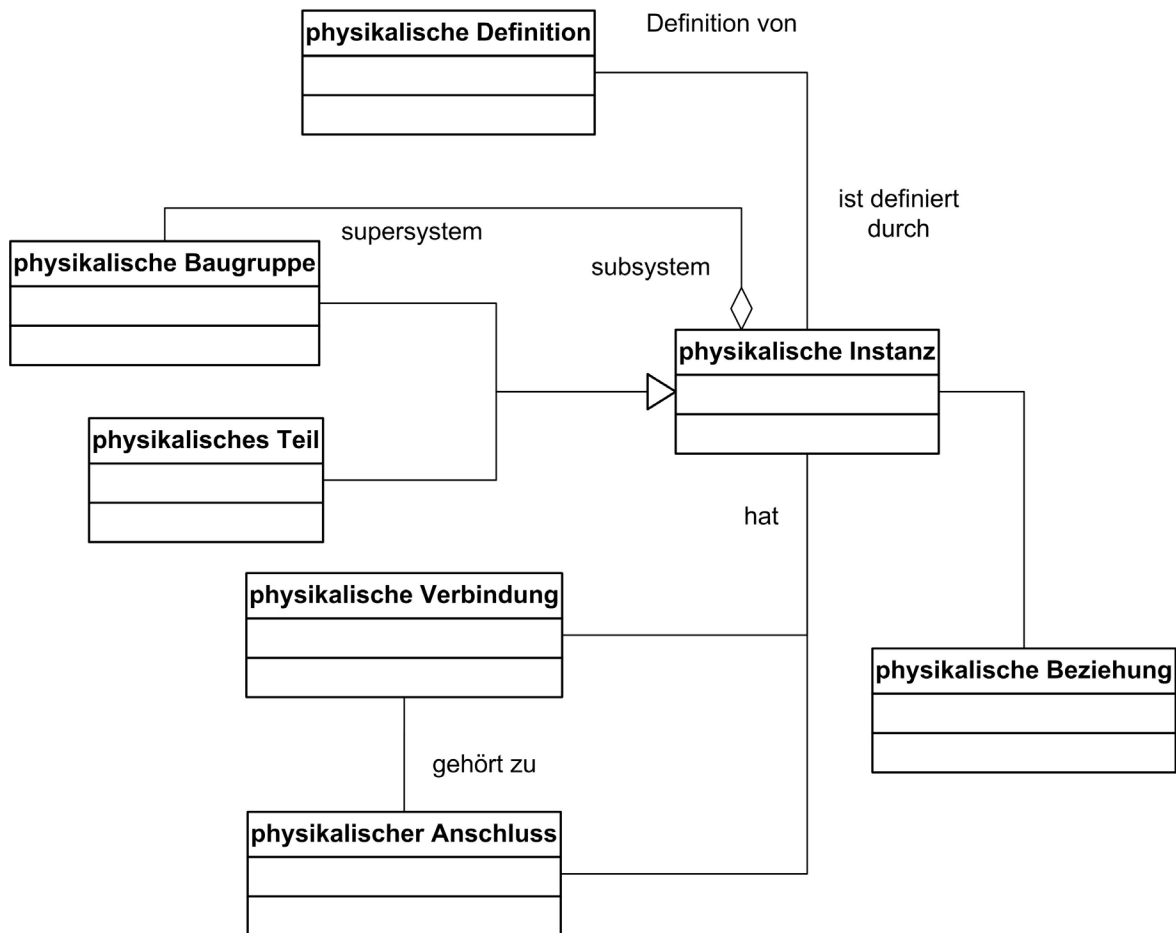


Bild 5.3: Physikalische Architektur

Die Eigenschaften eines Produktes sind von wesentlicher Bedeutung in allen Bereichen des Produktengineering. Diese Eigenschaftsstruktur ist in **Bild 5.4** festgelegt. Die Klasse **Eigenschaftsdefinition** spezifiziert den Typ der Eigenschaft, beschreibt diese und weist eine bestimmte Einheit zu. Die Instanz der Einheit selber wird in der zugewiesenen Klasse **Eigenschaft** festgelegt. Dieser ist exakt je ein **Eigenschaftswert** zugeordnet. Ein solcher Eigenschaftswert ist die Repräsentation einer bestimmten Eigenschaftscharakteristik. Jedem Eigenschaftswert werden Daten zugeordnet. Diese werden in den Unterstützungsinformationen separat beschrieben. Ein Eigenschaftswert ist entweder ein **Wert mit Einheit** oder aber eine **Werteliste**. Eine Werteliste ist eine geordnete Liste von n Werten mit einer Einheit. Die Klasse Wert mit Einheit ist entweder ein **nominaler Wert**, eine **Wertegrenze** oder ein **Wertebereich**. Eine Wertegrenze ist ein numerischer Wert, welcher entweder die Ober- oder die Untergrenze einer bestimmten Eigenschaft beschreibt. Der Wertebereich gibt die Ober- und Untergrenze der numerischen Werte einer Eigenschaft an. Ein nominaler Wert ist eine Menge, welche durch einen numerischen Wert und eine **Einheit** festgelegt wird.

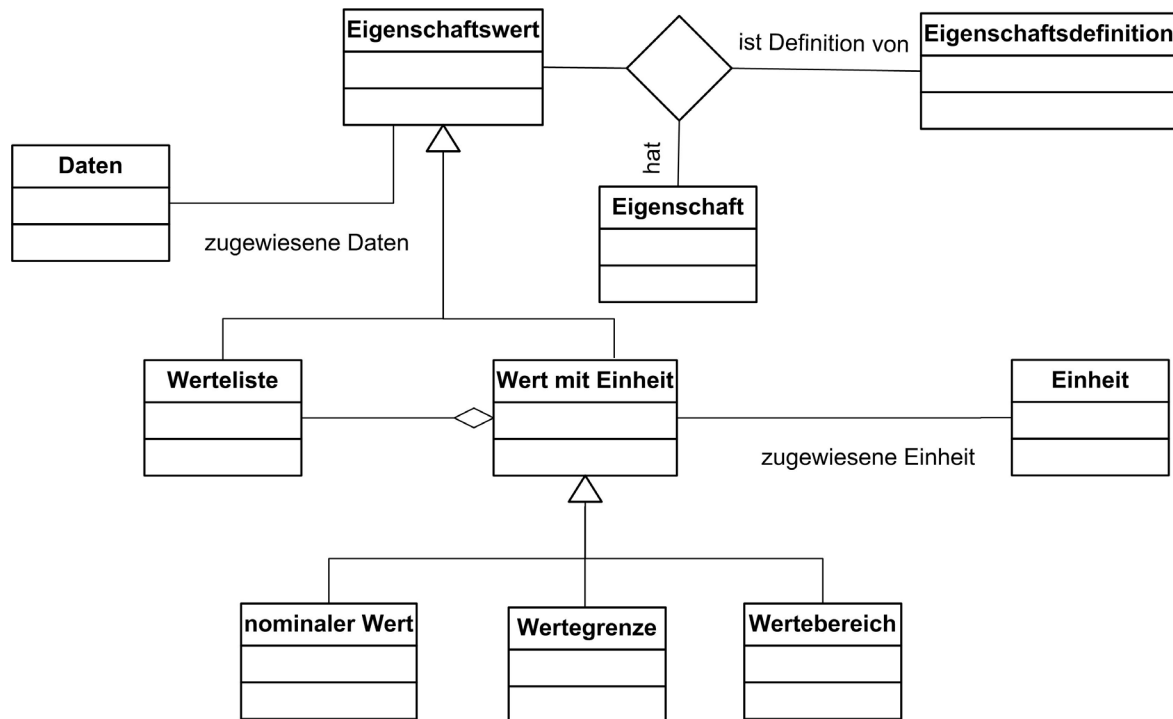


Bild 5.4: Produkteigenschaften

Die Erfassung, Aufbereitung und Anwendung von Anforderungen stellt einen wesentlichen Aspekt jeder Entwicklungsmethodik dar. In Kapitel 2 wurde jedoch bereits darauf verwiesen, dass die Arbeit und der Umgang mit Anforderungen in verschiedenen Methodiken unterschiedlich stark ausgeprägt ist und interpretiert wird. [Heim 2000] hat bereits einen ausführlichen Ansatz zum Engineering von Anforderungen in der Produkt- und Systementwicklung aufgestellt. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle nur auf die grundlegenden Anforderungsarten in der Produktbeschreibung eingegangen (**Bild 5.5**).

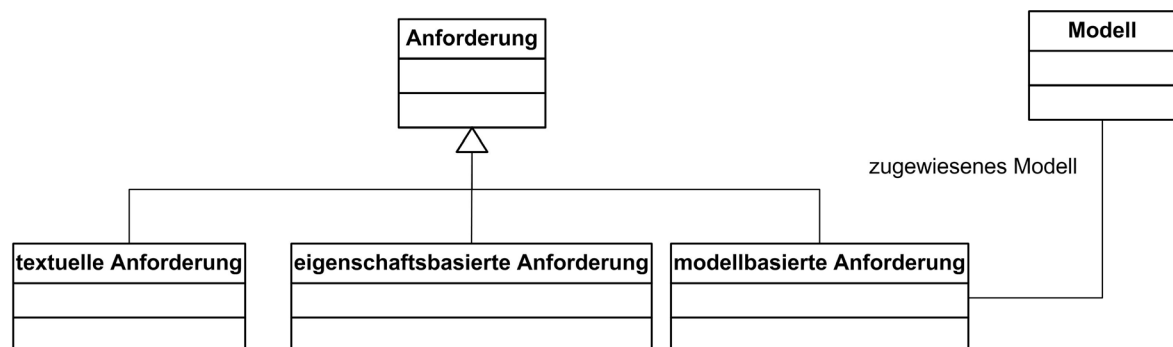


Bild 5.5: Anforderungsklassen

Eine **Anforderung** kann entweder textuell, eigenschaftsbasiert oder modellbasiert sein. Die **textuelle Anforderung** ist eine textuelle Beschreibung einer bestimmten Forderung an ein Produkt. Dies kann zum Beispiel ein einzelner Satz oder ein ganzes Dokument sein. Diese Art der Anforderung wird zumeist in den frühen Phasen der Entwicklung verwendet. Insbesondere in Disziplinen in denen das Anforderungsmanagement nicht sehr stark ausgeprägt ist wird diese Form als Einzige verwendet, zum Beispiel als Anforderungsliste oder Pflichtenheft.

Die Form als **eigenschaftsbasierte Anforderung** legt die Definition einer Anforderung zu Grunde, dass diese direkt mit einer Eigenschaft und dem zugehörigen, bestimmten Eigenschaftswert entsprechend des Teilmodells **Bild 5.4** verknüpft ist. Diese Anforderung wird also nicht als textuelles Objekt, sondern in dem zuvor vorgestellten Eigenschaftsmodell gespeichert. Dies unterstreicht insbesondere die Bedeutung der Eigenschaften in Bezug auf die Entwicklung und Herstellung von Produkten.

Die Weiterführung dieser Form ist die Klasse der **modellbasierten Anforderung**. Anforderungen dieser Art werden in einem bestimmten, zugewiesenen Modell gespeichert. Die Spezifikation eines solchen Modells wird in der Klasse **Modell** festgehalten. Es ist prinzipiell auch bei der Verwendung dieses Modells möglich, ein beliebiges, unternehmensinternes Modell zu verwenden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Strukturen und Klassen der hier verwendeten Modelle unterstützt werden.

Die Formen als eigenschaftsbasierte Anforderung und modellbasierte Anforderung bieten einen entscheidenden Vorteil im Vergleich zu reinen textuellen Anforderungen. Durch die Überführung textueller Anforderungen in modellbasierte Formate können natürlichsprachliche Anforderungen in eine eindeutige Form gebracht werden und die implizite Informationen in der Sprache können explizit gemacht werden. Dies ermöglicht zudem eine automatisierte Bearbeitung von Anforderungen. So können zum Beispiel automatische Konsistenz- und Integritätsprüfungen durchgeführt und eine Nachverfolgbarkeit von Änderungen kann gewährleistet werden.

In allen Bereichen, in denen Konstruktionsmethodik angewandt wird, jedoch überwiegend in der fertigenden Industrie, wird aus den zu Grunde liegenden Anforderungen eine Funktionsstruktur abgeleitet, welche durch die Konstruktion des Produktes in einer bestimmten Art erfüllt werden muss. **Bild 5.6** stellt das Teilmodell zur Darstellung von Funktionen als Teil der Produktspezifikation dar. Die Klasse **Generelle Funktionalitäten Instanz** ist entweder eine **Funktionsinstanz** oder eine **persistente Speicherung**.

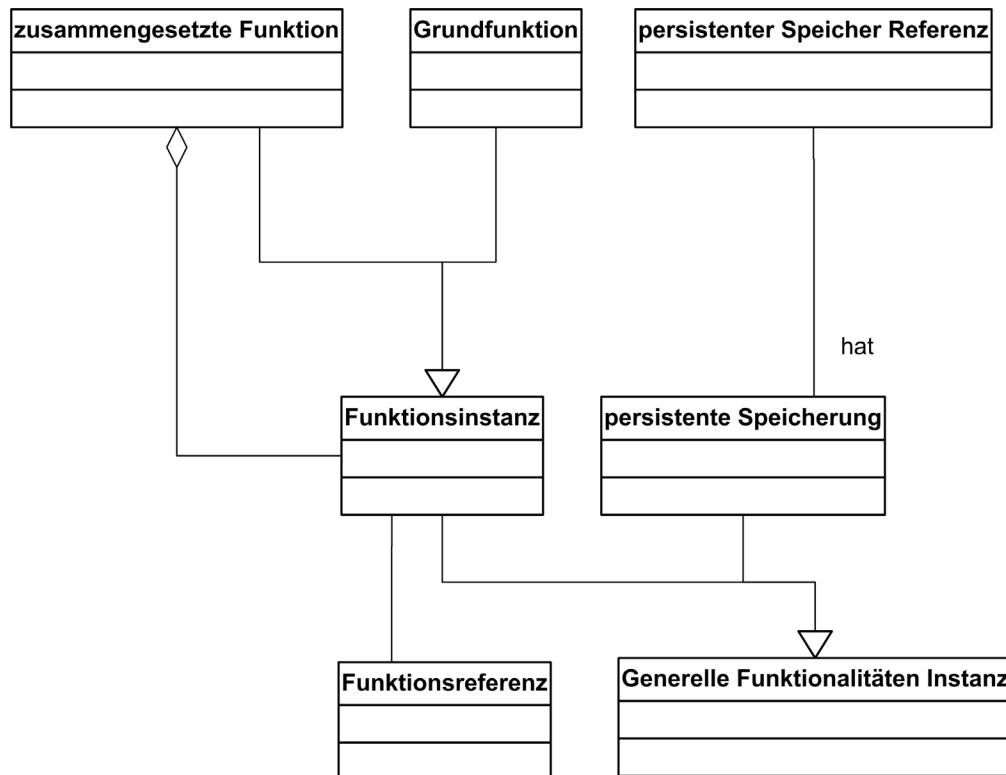


Bild 5.6: Funktionsstruktur

Die Klasse der persistenten Speicherungen wird dazu benutzt, um diskrete Objekte der Klasse Daten abzulegen. Dabei ist die Art der Speicherung so, dass diese Objekte nicht veränderlich abgelegt werden. Diese entspricht somit einer Art der Archivierung einer Funktion. Der Verweis auf diese Daten erfolgt über die Klasse **persistente Speicher Referenz**. Ein Beispiel für eine solche Funktion wäre zum Beispiel, dass ein Bauteil sich unter Gravitationseinfluss bewege. Dabei wäre die Gravitationskonstante ein Objekt der Klasse der persistenten Speicherung. Durch die Klasse **Funktionsinstanz** wird beschrieben, welche Aktivität ein System oder ein Teilsystem innerhalb der Domäne ausführt. Es definiert somit die möglichen Funktionen eines Systems. Dabei kann eine solche Funktion sowohl eine **Grundfunktion** als auch eine **zusammengesetzte Funktion** sein. Die Funktionsinstanz ist wiederum eine Aggregation der Grundfunktion, so dass sich aus diesem Konstrukt eine hierarchische Struktur analog zur Produkt- beziehungsweise Anforderungsstruktur ergibt. Dabei stellt die Grundfunktion die kleinste darzustellende Funktion dar, die nicht weiter zerlegbar ist. Die zusammengesetzte Funktion setzt sich aus mehreren Grundfunktionen beziehungsweise anderen, in einer niedrigeren Hierarchieebene liegenden, zusammengesetzten Funktionen zusammen.

Über die Klasse **Funktionsreferenz** kann die Funktionsinstanz bestimmten Funktionsmodellen zugeordnet werden, beziehungsweise einem funktionalen Verhaltensmodell oder einem Automatenmodell (**Bild 5.7**).

Die Klasse **Automatenmodell** verknüpft dabei das Verhalten von Teilsystemen mit unterschiedlichen Stati eines Automaten. Dieses Modell wird in der Klasse **Automatenmodelldefinition** definiert, in welcher die Zustände und deren Beschreibungen festgehalten werden. Das funktionale Verhaltensmodell ist eine Klasse **Kausale Kette – funktionales Verhaltensmodell** oder **Automaten - funktionales Verhaltensmodell**.

Das Automaten – funktionales Verhaltensmodell legt explizit den Zusammenhang zwischen einem kausalen Funktionsmodell und einer Automatenstruktur, dass heisst einer Struktur von Zuständen, fest. Somit wird definiert, welche Funktionen bei welchen Zuständen erfüllt werden.

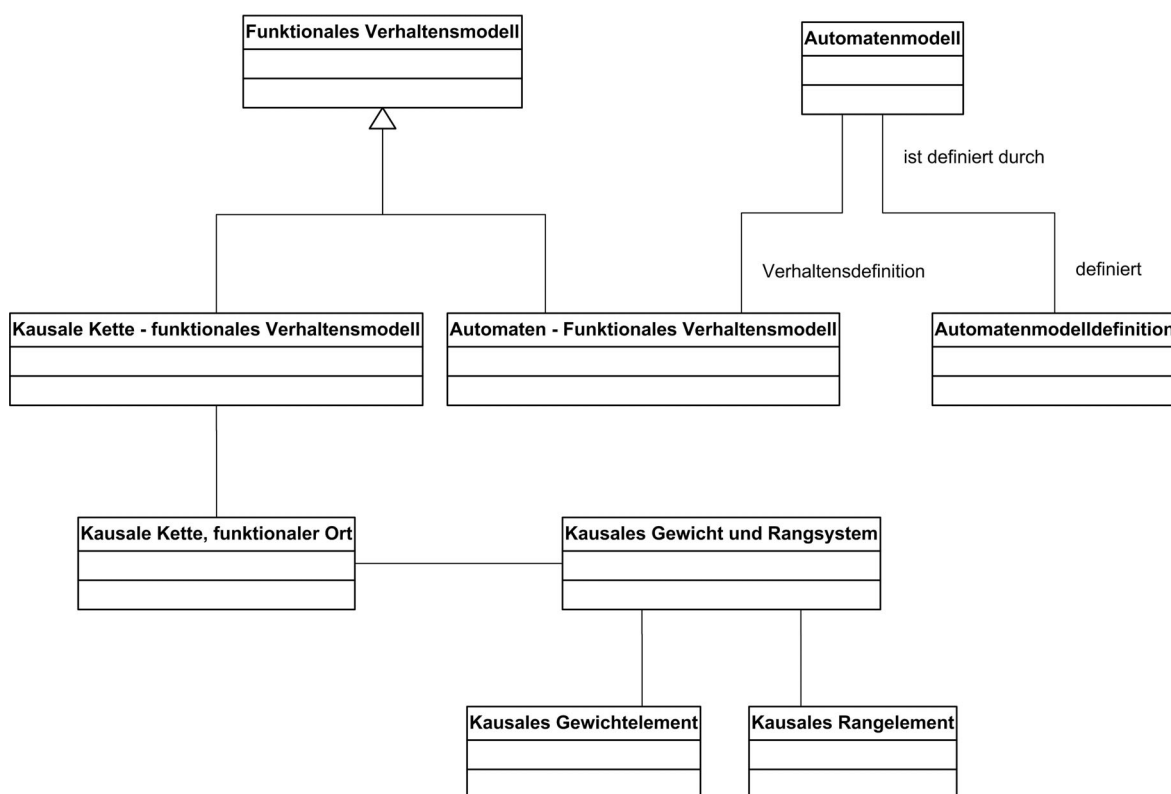


Bild 5.7: Verhalten- und Automatenstruktur

Das Kausale Kette – funktionale Verhaltensmodell ist ein Verhaltensmodell, welches die kausale Anordnung von Funktionen definiert, wie zum Beispiel Abfolge, Gleichzeitigkeit oder Verzweigungen von Funktionen. Somit entspricht dieses Modell streng genommen einem kausal festgelegten Prozessmodell, wobei die Prozesse als Funktionen zu betrachten sind. Dieses wird explizit beschrieben durch die Zuordnung zu einer Klasse **Kausale Kette, funktionaler Ort**, wobei dort die Position einer Funktion innerhalb einer Verhaltensstruktur festgelegt wird. Die Bewertung und Gewichtung einer Funktion zum Zwecke der Zuordnung wird in der Klasse **kausales Gewicht - und Rangsystem** definiert. Dort werden Objekte der

Klassen **kausales Gewichtelement** und **kausales Rangelement** einer Funktion in der Verhaltensstruktur zugeordnet.

Innerhalb dieses Abschnittes wurden die Klassen und Strukturen beschrieben, welche ein Produkt definieren. Im folgenden Abschnitt soll auf diejenigen Konstrukte des Produktbeschreibungsmodells eingegangen werden, welche indirekt dazu beitragen ein Produkt zu beschreiben beziehungsweise die Wissensmanagement- und Produktengineeringprozesse zu unterstützen.

5.2 Unterstützungsinformationen

Das in diesem Abschnitt vorgestellte Teilmodell der Unterstützungsinformationen deckt alle wesentlichen Informationen ab, welche benötigt werden, um die in Kapitel 4 beschriebenen Wissensmanagement- und Produktengineeringprozesse durchführen zu können. Diese Gruppierung ist also nicht thematischer Natur, sondern allein auf die Aufgabe der Unterstützung von Prozessen ausgerichtet. Daher sind die Unterstützungsinformationen eher ungeordnet und in der Regel nicht miteinander verknüpft. In **Bild 5.8** ist eine Übersicht über die hier definierten Unterstützungsinformationen dargestellt. Die Bedeutung der einzelnen Klassen und Ihre Anwendungsbereiche werden im Folgenden vorgestellt und erläutert.

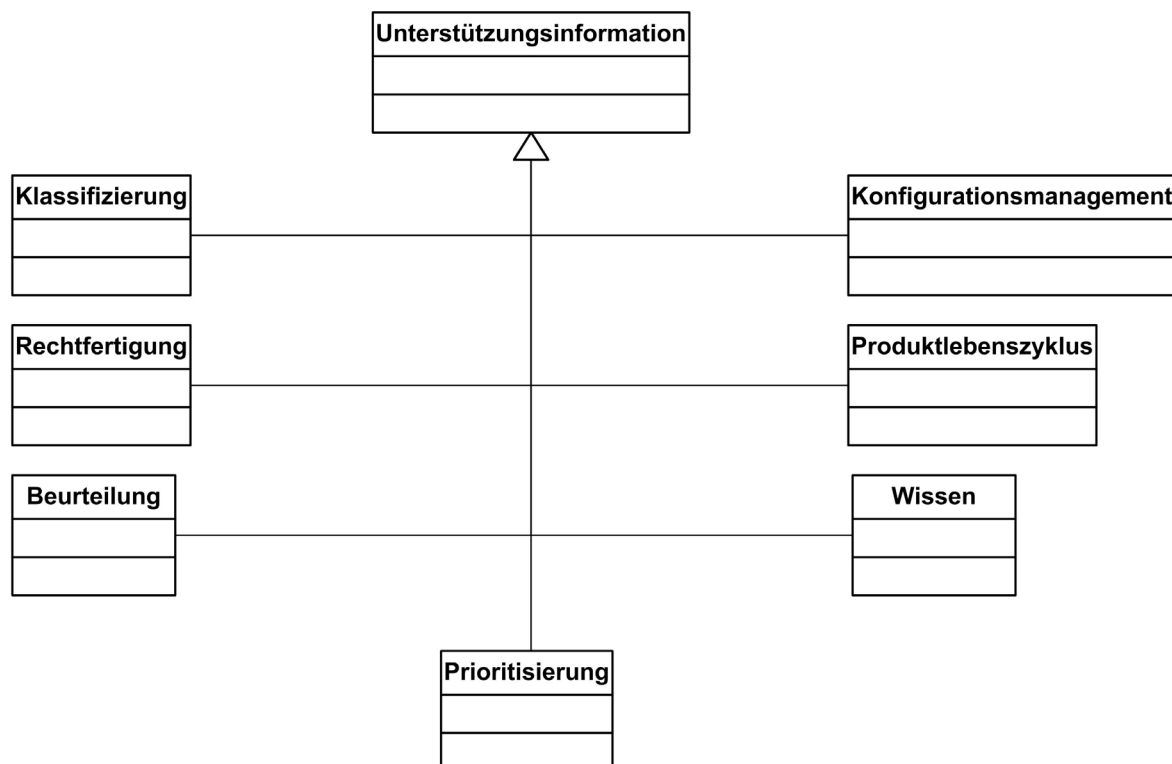


Bild 5.8: Übersicht über die Unterstützungsinformationen des Produktbeschreibungsmodells

Bild 5.9 stellt die Struktur der Informationen für die Klassifizierung dar. Diese Klassen werden für die Ausführung der Produktengineeringaktivität der Klassifizierung benötigt. Die wesentliche Klasse dieses Konstruktes ist die Klasse **Paket**. Ein Paket stellt dabei eine Menge von Informationen dar, um Objekte zu gruppieren, welche in einem bestimmten Zusammenhang zueinander stehen. Diese Informationen entsprechen so genannten Klassifikationskriterien und definieren das Paket. Solche Kriterien sind frei wählbar. Ein Paket kann für jede Ebene des Produktengineerings definiert werden. Eine Gruppe von mehreren Paketen bildet dann ein **Klassifizierungssystem**. Solche Klassifizierungssysteme dienen der Anwendbarkeit bei großen Datenmengen. Durch die Verwendung multipler Klassifizierungssysteme können zum Beispiel erweiterte Suchfunktionen gestaltet werden, die dem Benutzer die Anwendung erleichtern und qualitativ bessere Ergebnisse liefern. Die Klasse **Klassifizierungselement** dient dazu, bestimmte Objekte des Datenmodells bestimmten Paketen und somit auch Klassifizierungssystemen zuzuordnen. Das Klassifizierungselement stellt somit eine Referenz eines beliebigen Objektes des hier vorgestellten Informationsmodells zu einer zuvor definierten Klasse dar.

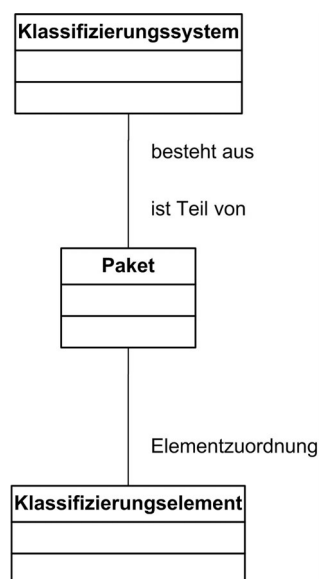


Bild 5.9: Klassifizierungsstruktur

Das Konstrukt zur Klasse Rechtfertigung besteht hier nur aus der Klasse **Rechtfertigungstyp** (**Bild 5.10**). Ein solcher Rechtfertigungstyp ist eine textuelle Beschreibung von Gründen für die Existenz bestimmter Objekte oder für eine bestimmte Konstruktionsentscheidung. Der Rechtfertigungstyp stellt eine rationale Beschreibung einer Entscheidung in Bezug auf ein bestimmtes Produkt dar. Dies ist somit ein wesentlicher Aspekt zur Erfassung von Expertenwissen.

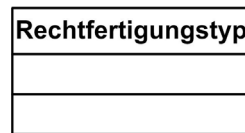


Bild 5.10: Rechtfertigungsinformationen

Das Konstrukt der Beurteilung wird durch eine Klasse **Beurteilung** und eine Klasse **Beurteilungsverhältnis** festgelegt (**Bild 5.11**). Die Beurteilung entspricht der Auswertung eines bestimmten Objektes in Bezug auf bestimmte Anforderungen. In dieser Klasse werden verschiedene Typen der Beurteilung definiert und festgehalten. Diese Typen können projekt- oder unternehmensbezogen definiert werden. Eine textuelle Beschreibung und eventuell ein Wert einer festgelegten Wertekategorie kann in dieser Klasse einzelnen Objekten des Informationsmodells zugewiesen werden. Ein Beurteilungsverhältnis definiert die Verhältnisse zwischen zwei oder mehreren Beurteilungen. Dabei kann neben einer textuellen Beschreibung auch festgelegt werden, in welcher Abhängigkeit die unterschiedlichen Beurteilungen zueinander stehen. Durch die Festlegung von verschiedenen Verhältnistypen in dieser Klasse kann der Relation eine bestimmte Semantik zugeordnet werden. Typische Werte eines Verhältnistyps wären zum Beispiel *ersetzt*, *ergänzt* oder *steht in Konflikt mit*. Somit stellt die Beurteilung ebenfalls eine wichtige Informationsquelle zur Wissenserfassung dar.

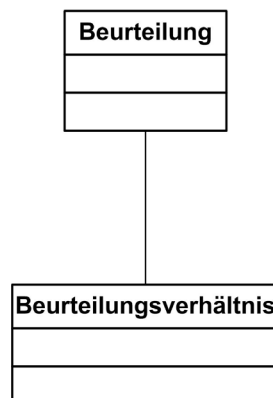


Bild 5.11: Beurteilungsinformationen

Um die Aufgaben der Priorisierung durchführen zu können, werden die in **Bild 5.12** dargestellten Klassen verwendet. In der Klasse **Rangsystem** werden bestimmte Bereiche von Prioritätslevels festgelegt. Neben einer textuellen Beschreibung werden mit diesen Levels auch die Ebenen festgelegt, wann ein Rang höher beziehungsweise niedriger als ein bestimmter anderer Rang ist. Auf Basis dieser Definitionen werden Objekte der Klasse **Rangelement** diesem Rangsystem zugeordnet. Rangelemente stellen den Bezug zwischen Objekten des Informationsmodells und dem Rangsystem her. Die Klasse **Ranggruppe** dient dazu, meh-

rere Objekte der Klasse Rangelemente miteinander gegen ein bestimmtes Kriterium vergleichen zu können. Diese Ranggruppe entspricht also der Klasse Paket in den Klassifizierungsinformationen.

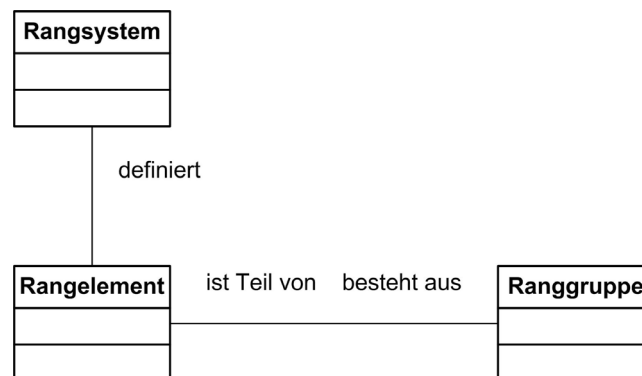


Bild 5.12: Prioritisierungsinformationen

Ein wesentlicher Aspekt aktueller Informationssysteme ist die Möglichkeit der Integration von Konfigurationsmanagement. Dieses wird zum Teil auch als Kombination von Versions- und Änderungsmanagement betrachtet. Für die Durchführung des Wissensmanagementansatzes ist die Benutzung einer Struktur, welche das Konfigurationsmanagement unterstützt, unerlässlich. Eine solche Struktur zur Unterstützung dieser Funktionalitäten ist in **Bild 5.13** dargestellt.

In der Klasse **Konfigurationselement** werden Informationen über ein einzelnes Objekt beziehungsweise oder eine Gruppe von Objekten gesammelt, welche allen Versionen dieses Objektes gemeinsam sind. Es beinhaltet somit alle Versionen eines gleichen Systems. Über die Klasse **Eindeutiger Bezeichner** werden die hier verwendeten Objekte eindeutig referenziert. Ein Objekt dieser Klasse wird auch jedem weiteren Schlüsselobjekt des Modells bei der Instanziierung automatisch zugewiesen. Dies erlaubt durchgängige Konsistenz und Eindeutigkeit der Datenobjekte, welches insbesondere innerhalb eines erweiterten Unternehmens von besonderer Bedeutung ist. Im einfachsten Fall entspricht ein solcher eindeutiger Bezeichner einer fortlaufenden natürlichen Zahl. Die Klasse **Version** wird jedem Objekt des Informationsmodells zugewiesen. Erst die Zuordnung der Objekte zu verschiedenen Versionen erlaubt die Benutzung der Klasse Konfigurationselement in ihrer eigentlichen Funktion. Dadurch kann der Bereich aller Versionen erfasst sowie die Vollständigkeit überprüft werden. In der Klasse **Änderungsbeschreibung** werden Informationen darüber textuell festgehalten, welche Änderungen beim Wechsel von einer Version zur nächsten Version wirksam geworden sind. Zusätzlich können hier Informationen über die Gründe und Art der Änderung fixiert werden.

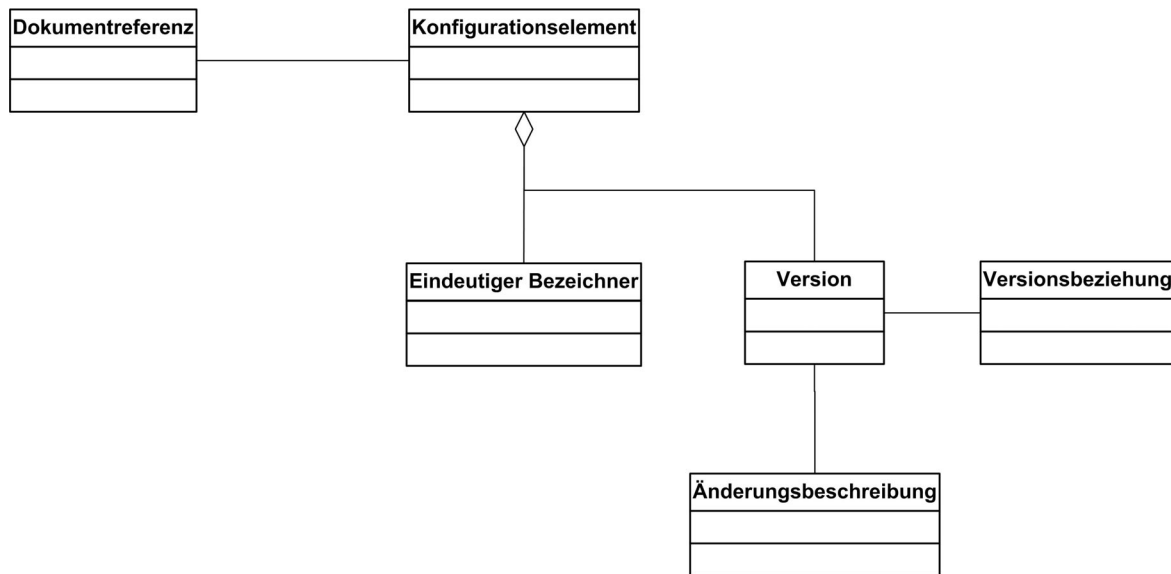


Bild 5.13: Konstrukt der Konfigurationsmanagementinformationen

Diese vier Klassen stellen die Hauptklassen zur Implementation von Konfigurations- und Änderungsmanagement dar. Somit können alle wesentlichen Funktionen dieser Domänen, wie zum Beispiel Nachverfolgbarkeit von Änderungen, Eindeutigkeit der Objekte, Erstellung einer Versionshistorie etc. erfüllt werden. Die Klasse **Versionsbeziehung** legt zusätzlich das Verhältnis beziehungsweise die Art der Beziehung zweier Versionen zueinander fest. Typische Objekte dieser Klasse wären zum Beispiel Variante oder Alternative.

Die Verwendung der Klasse **Dokumentreferenz** erlaubt es, zusätzliche Informationen innerhalb von Dokumenten zu referenzieren. Im Wesentlichen werden hier die Art des Dokumentes (digital/nicht digital) und der Ort spezifiziert. Es ist aber auch möglich, nur bestimmte Teile eines Dokumentes einzeln zu referenzieren. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn diese Teile einzelnen Artefakten einer Produkt- oder Wissensstruktur entsprechen. Zur Ausführung digitaler Dokumente ist es zusätzlich notwendig, die ausführende Software zu spezifizieren und referenzieren, um dem Anwender die Betrachtung zu ermöglichen.

Entsprechend der Aufgabenstellung dieser Arbeit ist es von Bedeutung den Lebenszyklus eines Produktes vollständig zu unterstützen. Dies erfordert neben der impliziten Unterstützung durch entsprechende Aktivitäten und Unterstützungsinformationen auch die explizite Angabe eines Zyklus und dessen Phasen. In den einschlägigen Konstruktionsmethodiken wird der Produktlebenszyklus als eine sequentielle Folge von einigen Phasen angegeben. Ein Beispiel für eine solche Definition eines Produktlebenszyklus gibt die **Tabelle 5.1** an. Anhand dieses Beispiels lässt sich leicht erkennen, dass die verwendeten Produktlebenszyklusphasen abhängig sind von der Domäne und dem zu entwickelnden Produkt. Zum Beispiel würden die vier Phasen nach [VDI 1993] in die ersten fünf der hier vorge-

stellten Phasen zu integrieren sein. Dabei würde jedoch der Informationsgehalt dieser entsprechenden VDI-Richtlinie zum Teil verloren gehen, da einzelne, vordefinierte Aufgaben diesen nicht entsprechen oder partiell phasenüberlappend anzusetzen wären. Ausserdem ist die hier verwendete Einteilung je nach Sichtweise nicht vollständig, so dass in bestimmten Bereichen Ergänzungen vorgenommen werden könnten.

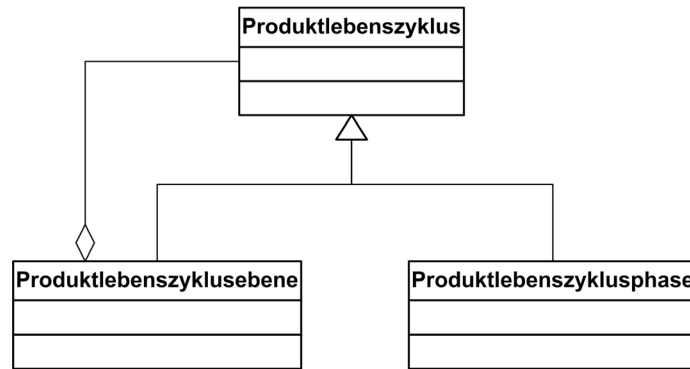


Bild 5.14: Produktlebenszyklusinformationen

Somit sollte die Definition des Produktlebenszyklus jeweils sowohl Produkt- beziehungsweise Domänenspezifisch vorzunehmen sein, als auch die Möglichkeit bieten, die Phasen hierarchisch und erweiterbar aufzubauen. Eine solche Struktur ist in **Bild 5.14** dargestellt.

	Phase	Beschreibung/Zweck
1	Erweiterte Studien	Die Entwicklung eines breiten Spektrums von Ideen und Alternativen für potenzielle Aufgaben, aus denen Projekte erzielt werden können.
2	Vorausgehende Analyse	Die Bestimmung, ob die Umsetzbarkeit und Erwünschtheit eines neuen Produktes mit den strategischen Zielen des Unternehmens übereinstimmt.
3	Definition	Die Definition eines Projektes in ausreichender Genauigkeit, um eine Grundlage für die Erfüllung der Anforderungen zu haben.
4	Design	Die Vervollständigung eines detaillierten Designs des Systems inklusive aller Teilsysteme
5	Entwicklung	Die Produktion aller Teilsysteme um das System zusammenzubauen und gleichzeitig die Überprüfung, dass alle Anforderungen an das Gesamtsystem erfüllt sind, um dann das System fertigzustellen und sicherzustellen, dass die erforderlichen Funktionen erfüllt werden.
6	Betrieb	Die Erfüllung aller Anforderungen und die Übergabe des Systems an den Kunden in verantwortlicher Art und Weise.

Tabelle 5.1: Produktlebenszyklusphasen nach [Nasa 1995]

Die Klasse **Produktlebenszyklus** beschreibt den Lebenszyklus eines Produktes als Abfolge von einzelnen Phasen, den Objekten der Klasse **Produktlebenszyklusphase**, beziehungsweise Gruppen von Phasen und den Objekten der Klasse **Produktlebenszyklusebene**. Eine Produktlebenszyklusphase ist eine textuelle Spezifikation von Anforderungen, Aktionen und Ergebnissen, welche innerhalb dieser Phase ermittelt, durchgeführt oder erreicht werden müssen. Eine solche Phase ist entsprechend des hierarchischen Aufbaus eine logisch nicht weiter zu unterteilende Einheit eines bestimmten Produktengineeringbereichs. Die Produktlebenszyklusebene ist eine Gruppe von Phasen, welche nach einem bestimmten Kriterium gruppiert worden ist. Durch die Klasse Produktlebenszyklus werden diese Phasen und Ebenen zusammengestellt und deren hierarchische Struktur definiert. Somit ist es möglich einen erweiterbaren, hierarchischen Produktlebenszyklus produktorientiert zu definieren. Innerhalb dieses Konzeptes wird jedes Hauptobjekt des Informationsmodells, welches ein Produkt beschreibt, einer Produktlebenszyklusphase zugeordnet.

Die Definition von Wissen in Kapitel 3 basiert auf der Verknüpfung von Daten beziehungsweise Informationen mit kognitiven Prozessen um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Diese Art der Wissensdefinition kann repräsentiert werden, um als Hauptbenutzungsobjekt des hier vorgestellten Wissensmanagementansatzes zu dienen (**Bild 5.15**).

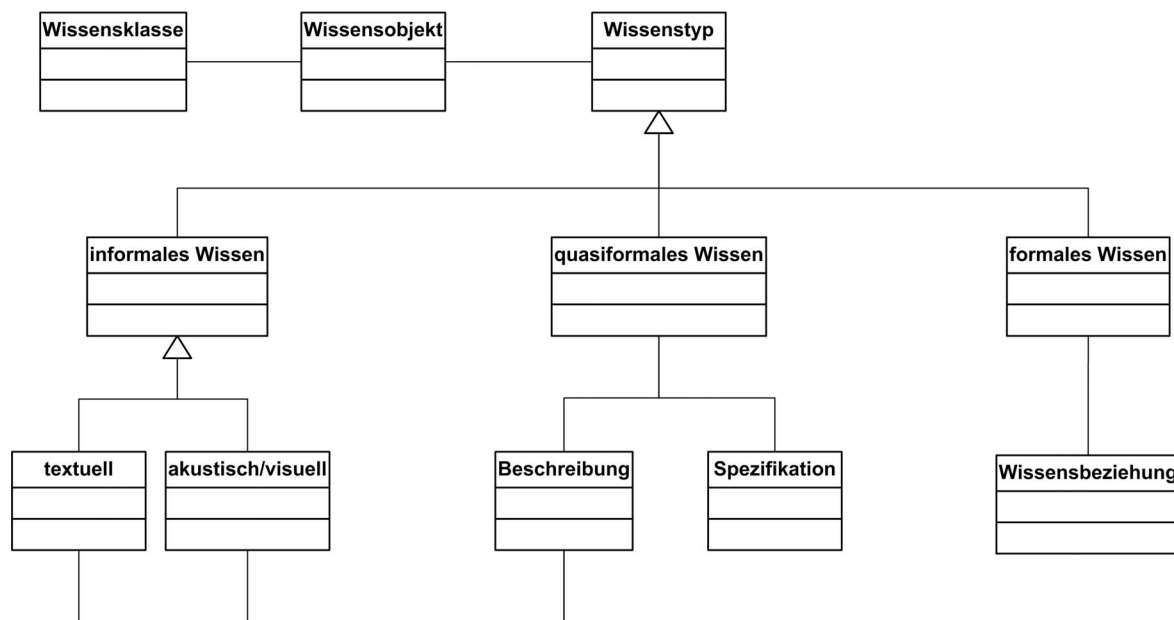


Bild 5.15: Wissensinformationsobjekte

Dabei ist die hier dargestellte Klasse **Wissensobjekt** das Hauptobjekt welches im Ansatz zur Erfassung und Verteilung benutzt wird. Das Wissensobjekt ist ein eindeutig referenziertes Objekt, welches diese Verknüpfung von Informationen und

Prozessen repräsentiert. Das Ziel, welches erreicht werden soll, wird als textuelle Information in der Klasse festgelegt. Die Wissensobjekte werden bereits bei der Erfassung erzeugt und jedem Objekt wird der Produktlebenszyklus zugeordnet. Zudem wird eine Zuordnung zu einem bestimmten Objekt der Klasse **Wissensklasse** durchgeführt. Eine Wissensklasse ist dabei eine Bezeichnung und Beschreibung einer Kategorie von Wissen. Die Zuordnung zu solchen Kategorien stellt eine Grundlage für die weitere Wissensverarbeitung dar.

Das in diesem Ansatz dargestellte Wissen ist prinzipiell in drei **Wissenstypen** zu unterscheiden, wie es schon in Kapitel 4 unter den Wissensmanagementprozessen beschrieben worden ist. Das **informale Wissen** liegt in textueller oder audiovisueller Form vor. Diese beziehungsweise bestimmte Teile dieser Daten können über die Klasse Dokumentreferenz (**Bild 5.13**) referenziert werden. Eine jeweils optionale Beschreibung erläutert den speziellen Kontext. Die Klasse **quasiformales Wissen** repräsentiert alle Arten des Wissens, welches in nativen Formaten vorliegt. Neben einer textuellen Beschreibung und einer Zuordnung mittels der Klasse Dokumentreferenz werden diese Objekte auch über entsprechende Referenzierung der anzuwendenden Software beschrieben. Entsprechend der Definition in Kapitel 4 besteht der Prozess der Formalisierung von Wissen in der Transformation von einem impliziten in ein explizites Format. In diesem Kontext bedeutet dies, dass informales Wissen in **formales Wissen** transformiert wird. Dabei werden einzelne textuelle Bausteine Objekten des hier vorgestellten Datenmodells zugewiesen. Der Zusammenhang zwischen diesen einzelnen Objekten wird über die Klasse **Wissensbeziehung** realisiert. Eine Wissensbeziehung beschreibt die Art und den Kontext der Beziehung zwischen einzelnen Objekten des Informationsmodells. Das durch diese Verknüpfung zu erreichende Ziel wird dabei in der Klasse Wissensobjekt festgehalten. Somit ist es möglich, durch die Verwendung der Klassen Wissensobjekt und Wissensbeziehung eine Form des expliziten Wissens zu repräsentieren, welche der Definition in Kapitel 3 entspricht.

5.3 Integration anderer Produktspezifikationen

Im Bereich der Produktentwicklung, insbesondere in der Konstruktion, werden Produktdaten in vielen verschiedenen nativen Formaten gespeichert. Typische Formate dieser Art sind zum Beispiel die der CAD-, FEM- oder PPS-Systeme. Es ist daher von besonderer Bedeutung, diese Daten und Informationen auch innerhalb dieses Konzeptes einbinden und abbilden zu können, um eine größtmögliche Integration in die Geschäftsprozesse ohne erhöhten Aufwand für die Anwender gewährleisten zu können.

Es gibt hier prinzipiell zwei Möglichkeiten dies umzusetzen:

1. Integration der Daten und Informationen über Dokumentreferenzen.
2. Einbindung der Daten über eine direkte Schnittstelle.

Die erste Möglichkeit entspricht der Eingabe eines quasiformalen Wissensobjektes durch die Rolle des Experten, wie in Kapitel 4 beschrieben. Dabei wird ein Dokument eines nativen Informationssystems mit einem Wissensobjekt verknüpft und über eine Klasse Dokumentreferenz referenziert. Die zusätzliche Eingabe eines semantischen Objektes erfasst die Beschreibung der Inhalte der Datei und den Zusammenhang mit dem Wissen des Experten.

Die zweite Möglichkeit entspricht der Entwicklung von Schnittstellen zwischen den bestimmten nativen Systemen und dem hier beschriebenen Produktspezifikationsmodell. Auf Grund der hohen Anzahl der nativen Systeme im Konstruktionsprozess scheint eine jeweils direkte Anbindung an die entsprechenden Systeme nicht erstrebenswert. In diesem Fall müsste für jedes der Systeme eine spezielle Schnittstelle entwickelt, gewartet und gepflegt werden. Daher ist eine Schnittstellenimplementierung auf Basis eines neutralen Standards sinnvoll.

Bereits am Anfang des Kapitels wurde erwähnt, dass das hier festgelegte Produktbeschreibungsmodell vom STEP AP233 Datenmodell abgeleitet und durch zusätzliche Objekte an das Konzept angepasst wurde. Der STEP Standard stellt generell eine neutrale Plattform für neutrale Schnittstellen innerhalb der Produktentwicklung dar. Diese Schnittstellen sind durch so genannte Anwendungsprotokolle (engl.: application protocol, AP) domänenspezifisch ausgeführt. Der hier verwendete Standard für Systems Engineering ist gerade wegen des Ansatzes in weiten Teilen domänenübergreifend. Dies bedeutet somit auch, dass andere Anwendungsprotokolle und deren Funktionalitäten sich in großen Teilen in diesem Informationsmodell wiederfinden.

Dies erlaubt es, Schnittstellen von anderen Systemen zu dem vorliegenden Informationsmodell effizient und schnell zu entwickeln. Als ein Beispiel wäre die Repräsentation von Daten in CAD-Systemen zu nennen. Alle professionellen CAD-

Systeme sind mit einer STEP Schnittstelle ausgestattet. Diese Schnittstelle beruht zumeist auf dem Anwendungsprotokoll 214 (core data for automotive mechanical design process). Nach Einschätzung des Autors ist davon auszugehen, dass dieses Anwendungsprotokoll bis zu einer Überdeckung von 90% direkt in das vorliegende Datenmodell zu übertragen ist. Man spricht hier auch von direktem „Mapping“. Die Schwächen des AP233 im Bereich der graphischen Repräsentation sind in diesem Kontext nicht von wesentlicher Bedeutung und können vernachlässigt werden. Daher ist nahezu eine Eins-zu-Eins Umsetzung in Form einer Schnittstelle zwischen dem AP 214 der CAD Systeme und dem vorliegenden Datenmodell möglich. Ausgiebige, positive Erfahrungen mit der Entwicklung solcher Schnittstellen sind bereits gemacht worden [EcJo 2003].

Aq<Die Umsetzung einer solchen Schnittstelle in kurzer Zeit ist somit realistisch und mit geringen Kosten durchzuführen. Es vereinfacht die Arbeit der Konstrukteure in der Rolle als Experte im Wissenmanagementkonzept, da vorhandene Konstruktionsdaten über die STEP Schnittstellen der nativen CAD-Systeme direkt übergeben werden können.

In diesem Kapitel wurden die Spezifikationselemente und Unterstützungsinformationen des Produktbeschreibungsmodells vorgestellt und definiert. Es handelt sich dabei nicht um eine detaillierte Spezifikation eines Produktmodells, sondern vielmehr um eine Spezifikation der Klassen und Objekte, welche von einem Produktbeschreibungsmodell erfüllt werden müssen um die Funktionalität des Wissensmanagementansatzes zu gewährleisten. Deshalb sind auch Konstrukte wie zum Beispiel eine Unterstützung für graphische Repräsentation oder die Unterstützung von verschiedenen Datentypen und –klassen in dieser Beschreibung nicht vorgestellt. Solche Informationsmodelle sind weitverbreitet und standardisiert und werden je nach Unternehmensphilosophie gezielt eingesetzt. Spezielle Anforderungen an solche Unterstützungsinformationen sind zur Ausführung des Wissensmanagementkonzeptes nicht nötig.

6 Relevante Aspekte des erweiterten Unternehmens im Modell

Das erweiterte Unternehmen als ein produkt- beziehungsweise projektbezogenes Netzwerk aus einzelnen Partnern zur Erfüllung eines bestimmten Zieles ist seit Beginn der 1990er Jahre ein feststehender Begriff im Bereich des C-Commerce. Vielfach wird es auch mit einem virtuellen Unternehmen gleichgesetzt, obwohl es auch hier sehr spezielle Unterschiede gibt. Es ist diesen Organisationsstrukturen jedoch immer gemein, dass es sich dabei um ein produktbezogenes, kooperatives Netzwerk von Beteiligten handelt.

Die wissenschaftliche Bearbeitung des erweiterten Unternehmens ist sehr vielfältig und wird vorwiegend in den Bereichen der Wirtschaftsinformatik und der Betriebswirtschaft durchgeführt. Dabei stehen jedoch vor allem wirtschaftliche und kooperative Aspekte im Vordergrund. Diese sollen an dieser Stelle jedoch nicht wiederholt werden. Vielmehr geht es in diesem Kapitel darum, das erweiterte Unternehmen als Teil des hier vorgestellten Gesamtkonzeptes des unternehmensübergreifenden Produktwissensmanagements darzustellen und einzubinden. Somit wird hier im Wesentlichen ein formaler Rahmen für ein erweitertes Unternehmen definiert und dargestellt, um eine Integration in das Konzept zu ermöglichen. Des Weiteren soll auf eines der wesentlichen Probleme von erweiterten Unternehmen eingegangen werden, den Schutz des geistigen Eigentums. Dies gilt für den Bereich des Wissensmanagements besonders, da dies das eigentliche Kapital eines solchen Unternehmens darstellen sollte.

Das im Folgenden vorgestellte Modell des erweiterten Unternehmens stellt somit einen Rahmen dar, um Wissensmanagement unter Berücksichtigung des Schutzes geistigen Eigentums in die Struktur einer solchen Organisation einbinden zu können.

6.1 Unternehmensstruktur

Die Hauptklasse des Modells des erweiterten Unternehmens (**Bild 6.1**) ist die Klasse **Erweitertes Unternehmen**. Diese Klasse ist der Container für alle Teile eines solchen Unternehmens. Ein solches Unternehmen wird hier nicht als Netzwerk einzelner Parteien dargestellt, sondern als hierarchische Struktur von einzelnen Unternehmen oder Organisationseinheiten. Die Struktur als Netzwerk ist für den Einsatz von Produktwissensmanagement nicht relevant. Aus diesem Grund kann an dieser Stelle immer noch der klassische Ansatz einer hierarchischen Struktur gewählt werden. Das erweiterte Unternehmen setzt sich dabei aus anderen Unternehmen, repräsentiert in der Klasse **Unternehmen**, beziehungsweise deren Organisationsstrukturen, dargestellt in der Klasse **Organisationstrukturen**, zusammen.

Die Klasse **Unternehmen** definiert die Struktur eines beliebigen Unternehmens, so dass es ebenfalls als eine Aggregation eines erweiterten Unternehmens zu betrachten ist. Eine Organisation ist demnach als Teil eines einzelnen Unternehmens, respektive eines erweiterten Unternehmens zu betrachten. Dies kann zum Beispiel eine Abteilung einer Firma, eine Unterabteilung oder eine beliebige andere Gruppierung, basierend auf unternehmensinternen Klassifizierungen, sein. Die letzte Instanz beziehungsweise die kleinste Einheit eines Unternehmens oder einer Organisationsstruktur ist eine Person. Die Objekte der Klasse **Person** sind dabei reale Personen, welche Aufgaben innerhalb des Unternehmens wahrnehmen. Entsprechend der Definition eines erweiterten Unternehmens können dies, neben den klassischen Angestellten eines Unternehmens, auch Personen sein, welche nicht explizit in einen Unternehmenskontext eingebunden sind, jedoch als Mitglieder eines erweiterten Unternehmens betrachtet werden. Personen dieser Art wären zum Beispiel die Kunden eines Produktes, welchen im Rahmen eines erweiterten Unternehmens die Aufgaben der Produktbewertung zugewiesen wären. Im folgenden Kapitel wird die Zusammensetzung eines erweiterten Unternehmens am Beispiel konkret erläutert.

In der Klasse **Kompositionsdefinition** wird die Art und Weise der Zusammensetzung des erweiterten Unternehmens definiert. Dazu gehören dementsprechend auch die Festlegungen der Aufgaben und Ziele des Unternehmens. Es werden entsprechend der hier festgelegten Struktur aber auch dediziert die Aufgaben und Ziele der Unternehmen und Organisationsstrukturen bis hin zu einzelnen Personen festgelegt. Die Verwendung der Klasse **Kompositionsdefinition** erlaubt es ausserdem, eine netzwerkähnliche Struktur innerhalb der hier vorgegebenen Hierarchie festzulegen. Es handelt sich bei diesem Modellierungsansatz somit um eine Kombination aus dem klassischen, hierarchischen Strukturmodell und einer Netzwerkstruktur.

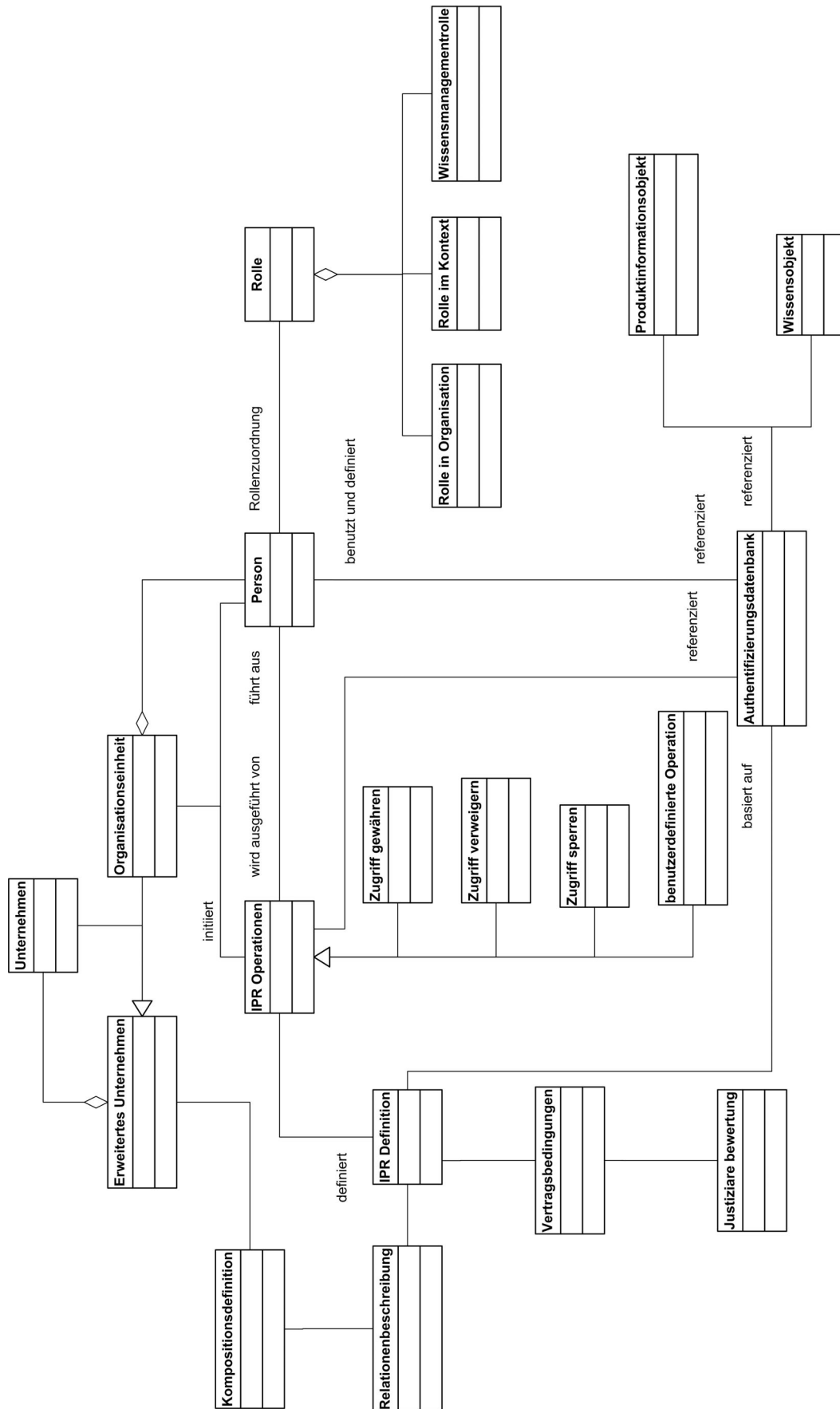


Bild 6.1: Modell des erweiterten Unternehmens

Das Ziel dieser Modellierung ist es, durch Synergie beider Strukturmodelle eine optimale Ausbeutung und vor allem Adaptierbarkeit an bestehende Unternehmensstrukturen gewährleisten zu können. Zur Definition der Komposition eines Unternehmens dieser Art werden Objekte der Klasse **Relationenbeschreibung** zugeordnet. Eine Relationenbeschreibung dient der Beschreibung, in welcher Art und Weise die einzelnen Mitglieder (Unternehmen, Organisationseinheiten oder Personen) des erweiterten Unternehmens zusammenhängen. Somit ist neben der reinen Bestimmung der Relationen, welche in der Kompositionsdefinition festgelegt werden, auch der Kontext dieser Relationen in textueller Form festgehalten.

Wie bereits im Kapitel 4 beschrieben, wird in diesem Ansatz das Konzept von Rollen verwendet. Es wird somit jeder Person ein oder mehrere Objekte der Klasse **Rolle** zugeordnet. Diese Klasse ist als Metaklasse ausgeführt, das heißt es handelt sich dabei entweder um eine Wissensmanagementrolle, Rolle im Kontext oder um eine Rolle in Organisation. In der Metaklasse werden allgemeine Zieldefinitionen, Attribute und Aktivitäten festgelegt. Diese Definitionen werden an die entsprechenden Unterklassen vererbt, und in diesen entsprechend der Anforderungen spezialisiert. Alle der hier dargestellten Rollen dienen direkt oder indirekt der Umsetzung des Wissensmanagementkonzeptes und sind ebenfalls im Kapitel 4 festgelegt worden. Daher werden sie an dieser Stelle der Vollständigkeit halber als Elemente der Struktur des erweiterten Unternehmens zusammengefasst. Eine Übersicht über die vorgestellten Rollen stellt die Tabelle 6.1 dar.

Rolle	Beschreibung
Wissensmanagementrolle	Definition der Aufgaben, Aktivitäten und Attribute im Wissensmanagementkontext.
Rolle in Organisation	Definition von typischen Aufgabenbereichen beziehungsweise Positionen innerhalb eines Unternehmens.
Rolle im Kontext	Definition der Zusammenhänge zwischen dem allgemeinen Wissensmanagementansatz und den spezifischen Anforderungen des Unternehmens.

Tabelle 6.1: Übersicht über die Rollenkonzepte

Die Klasse Wissensmanagementrolle ist die Hauptrolle zur Ausführung der Wissensmanagementaktivitäten. Die Klassen **Rolle in Kontext** und **Rolle in Organisation** dienen der Unterstützung des Konzeptes und der Integration in die Organisationsstruktur des Unternehmens.

6.2 Grundlegendes Konstrukt zum Schutz geistigen Eigentums

Unter dem Begriff des geistigen Eigentums versteht man die immateriellen Werte einer Organisation [Uni 2000]. Dieses gilt es insbesondere im Umfeld eines erweiterten Unternehmens zu sichern und zu schützen. Ohne die Gewissheit, das eigene geistige Eigentum gesichert zu haben und dieses entsprechend wieder für sich selbst verwerten zu können, wird sich kein Unternehmen in einem solchen Wissensnetzwerk mit einer zentralen Wissensdatenbank beteiligen wollen. Es ist damit eine Grundvoraussetzung sicherzustellen, dass das geistige Eigentum eines Unternehmens sichergestellt wird. Deshalb wird hier ein grundlegendes Konstrukt vorgestellt, mit dessen Hilfe ein solcher Sicherungsmechanismus umgesetzt werden kann. In praxi wird die Verwaltung der Zugriffe auf bestimmte Wissens- und Produktinformationen mit Hilfe kommerzieller Authentifizierungssysteme auf Basis der hier verwendeten Klassen durchzuführen sein. Es ist hier eine Integration mit dem Benutzerverwaltungssystem innerhalb des Wissensmanagementkonzeptes möglich und vorzusehen.

Eine der Hauptklassen zur Sicherstellung einer entsprechenden Zugriffskontrolle ist die Klasse **IPR Operationen**. Diese Klasse repräsentiert alle Operationen und Aktivitäten, welche ausgeführt werden können, um geistiges Eigentum zu sichern. Diese Operationen werden von Organisationseinheiten oder Personen des erweiterten Unternehmens initiiert. Die Ausführung der Operationen wird ebenfalls von den Personen des Unternehmens durchgeführt. Es ist ebenso möglich, den größten Teil dieser Operationen durch ein regelbasiertes Authentifizierungssystem durchführen zu lassen. Nur explizite und ausgenommene Fälle bedürfen dann der manuellen Interpretation und Regelung. Diese Ausprägung dieser Operationen beschränkt sich in diesem Modell zunächst auf die reine Verwaltung von Zugriffen auf Wissens- und Produktinformationsobjekte. Diese sind in den Klassen **Zugriff gewähren**, **Zugriff verweigern** und **Zugriff sperren** festgelegt. Die Objekte der Klasse Zugriff gewähren legen fest, wie bestimmten Benutzern des Systems Einsicht in bestimmte Systemobjekte ermöglicht wird. Die entsprechende inverse Operation ist in der Klasse Zugriff verweigern definiert. Die Klasse Zugriff sperren ist nicht als redundant dazu anzusehen. Das Sperren eines Zugriffs setzt voraus, dass zuvor ein Zugriff eines Benutzers oder einer Gruppe bestanden hat, dieser aber begründet wieder entzogen wird. Ein typischer Anwendungsfall wäre zum Beispiel, dass die Rechte des geistigen Eigentums eines Unternehmens im Verbund des erweiterten Unternehmens in irgendeiner Art und Weise verletzt worden sind. Dann kann das Unternehmen als sofortige Maßnahme alle Rechte an den ihnen eigentümlich zugeordneten Informationsobjekten entziehen. Dies stellt in der Konsequenz einen wesentlichen Einschnitt in die darauf partiell basierende Wissensmanagementfunktionalität dar. Diese Möglichkeit der sofortigen Sperrung

aller Zugriffsmöglichkeiten auf das Wissens- und Informationspotenzial des eigenen Unternehmens stellt jedoch eine der wichtigsten Kernanforderungen der Industrie an ein solches unternehmensübergreifendes Wissensmanagementsystem dar. Ohne eine entsprechende Funktionalität sind die Unternehmen in der Regel nicht dazu bereit sich an einem solchen Ansatz zu beteiligen. Die Klasse **Benutzerdefinierte Operation** ermöglicht es, neben diesen sehr abstrakten und grundlegenden Operationen weitere, speziellere Operationen zu entwickeln und zu konzipieren, welche entsprechend den industriellen Anforderungen realisiert werden können. Sie dient somit als eine Art Speicher für spezielle IPR-Konzepte, indem sie deren Regeln in Operationen ablegen kann.

Die Grundlage für die Ausführung der beschriebenen Operationen ist die Festlegung eines solchen IPR-Konzeptes, welches die kontextuellen Zusammenhänge zwischen den Mitgliedern des erweiterten Unternehmens als Grundlage für die Ausführung mit einbezieht. Dies wird in der Klasse **IPR Definition** repräsentiert. Auf Basis der Objekte der Klasse Relationenbeschreibung werden die Relationen der einzelnen Mitglieder derart interpretiert, dass sie als grundlegende Definitionen von Operationenstrukturen dienen können. Wesentliche weitere Eingangsparameter sind die Verträge zwischen einzelnen Partnern des erweiterten Unternehmens. Diese werden in der Klasse **Vertragsbedingungen** festgehalten. Neben der textuellen Beschreibung der Zusammenhänge zwischen einzelnen Mitgliedern durch die Relationenbeschreibung werden hier also noch formale, legale Aspekte der IPR-Definition zu Grunde gelegt. Den entsprechenden Vertragsbedingungen ist dabei jeweils ein Objekt der Klasse **justitiare Bewertung** zugeordnet. Dies entspricht einer neutral formulierten, informalen, textuellen Interpretation einer Rechtsperson. Es dient der Zuordenbarkeit von Benutzern zu Informationsobjekten und der Festlegung von Zugriffsrechten auf Grundlage der Rechtssituation durch administratives Personal. Diese Bewertung unterstützt somit die Definition des IPR Konzeptes und die darauf basierende Authentifizierung.

In Kapitel 4 wurde bereits darauf eingegangen, dass die Benutzerverwaltung und die entsprechende Authentifizierung eine der Hauptaufgaben der Rolle des Wissensingenieurs ist. Dort wurden auch die benötigten Haupteigenschaften erläutert. Prinzipiell ist es sinnvoll, für den Schutz des geistigen Eigentums dieselbe, professionelle Software einzusetzen, wie sie für die Benutzerverwaltung im Wissensmanagementansatz verwendet wird. Dies vermeidet unnötige Redundanzen und vermindert den Aufwand der Administration und Pflege. Die Aufgabe der Authentifizierung der Benutzer im IPR-Konzept würde dann aber nicht der Rolle Wissensingenieur, sondern einem Objekt der Klasse Rolle im Kontext, welche man zum Beispiel als *IPR-Verwalter* bezeichnen könnte, zugeordnet sein. In der Umsetzung ist es natürlich möglich, diese beiden Rollen einer Person zuzuordnen, welche diese Aufgaben in Personalunion effizient bearbeiten kann.

Die Grundlage für die Authentifizierung der Benutzer und die Umsetzung des IPR-Konzeptes in der entsprechenden Benutzerverwaltungssoftware ist eine Datenbank, in welcher diese Informationen abgelegt werden. Diese wird durch die Klasse **Authentifizierungsdatenbank** repräsentiert. Diese Datenbank basiert auf den Objekten der Klasse IPR Definition und setzt somit die gesetzlichen Grundlagen der Kooperation formal um. Entsprechend dieser Definitionen werden Personen bestimmten Objekten des hier vorgestellten Modells sowie einer bestimmten Operation der Metaklasse IPR Operationen zugeordnet. Dies sind entweder Objekte der Klasse Wissensobjekt oder aber anderer Klassen des Produktinformationsmodells, welche durch die Klasse Produktinformationsobjekt referenziert werden. Somit wird hier explizit zwischen Wissen und Daten beziehungsweise Informationen eines Eigentümers unterschieden.

Die Authentifizierungsdatenbank stellt somit eine regelbasierte Echtzeitdatenbank von Zugriffsrelationen dar. Somit ist es entsprechend den industriellen Anforderungen jederzeit möglich, bestimmten Personen oder Gruppen Zugriff auf bestimmte Objekte des hier vorgestellten Informationsmodells in sofortiger Konsequenz zu gewähren oder zu verweigern.

7 Anwendung und Validierung

In diesem Kapitel wird die in der vorliegenden Arbeit entwickelte Methodik an fiktiven Beispielen erläutert und angewandt. Diese Beispiele werden in den Gesamtkontext eines realen erweiterten Unternehmens, der Firma MCC AG eingebunden, so dass dem Leser ein entsprechender Bezug zur Umsetzung in der Industrie ermöglicht wird. Es sollen innerhalb dieses Kapitels insbesondere folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Wie wird das erweiterte Unternehmen dargestellt?
- Wie kann das Konzept eingeführt werden und als entsprechendes Softwaresystem unternehmensweit eingesetzt werden?
- Wie werden einzelne Personen und Gruppen der beteiligten Unternehmen in die Rollenstruktur des Gesamtkonzeptes eingebunden?
- Wie werden die Aktivitäten des Wissensmanagementmodells in praxi umgesetzt und welcher Nutzen kann daraus für das Unternehmen oder den einzelnen Mitarbeiter entstehen? Diese Fragestellung beinhaltet vor allem auch die Unterstützung der Erfassung, Administration und Benutzung des Wissens.
- Wie werden insbesondere Konstruktionsprozesse unterstützt?

Die letzten beiden Fragestellungen werden dabei an praktischen Beispielen erläutert, welche einen expliziten Zusammenhang zwischen den Workflows des Wissensmanagementmodells und der Umsetzung illustrieren.

7.1 Hintergrund zum erweiterten Unternehmen MCC AG

Die Mercedes-Benz AG und die Firma SMH, ein Schweizer Mikroelektronikkonzern, der unter anderem die Produkte der Linie Swatch herstellt, gingen 1994 ein Joint-venture ein. Aus den Begriffen **Swatch**, **Mercedes** und **Art** wurde das Akronym **smart** entwickelt, welches für ein neuartiges Konzept eines Kleinwagens für urbane Räume stehen sollte.

Innovationsbereiche	Wesentliche Umsetzungen
(1) Kraftstoffverbrauch	Reduzierter Kraftstoffverbrauch unter 5 Liter pro 100 km und reduziertes Gewicht von 720 kg wird erreicht durch (1) Innovationen im Antriebsmodul; (2) Verwendung von Leichtbaumaterialien; (3) Integration von Funktionen innerhalb technischer Komponenten (z. B. im Motor).
(2) Fahrgastsicherheit	Der Fahrgastsicherheit wird durch die Interaktion mehrerer Faktoren begegnet: (1) Tridion frame: Karosserie aus gehärtetem Stahl, um die herum das Fahrzeug konstruiert ist; (2) Power unit: Motor und Getriebe sind als integrierte Einheit aufgebaut, die von der Fahrgastzelle entkoppelt ist; (3) Sandwich-Bauweise: Der Motor liegt im hinteren Fahrzeugbereich unterhalb der Fahrgastzelle. Bei einem Unfall absorbiert die Power unit die Rückschlagkräfte; (4) Crash box: Sicherheitsboxen, die in der Lage sind, Aufprallenergien bis zu einer Geschwindigkeit von 15 km/h vollständig zu absorbieren; (5) Traktion- und Stabilitätssystem (TRUST): Elektronisches Antriebsmanagement, das die Motor- und Getriebekontrolleinheiten beeinflusst und dadurch die Kraft überwacht, die auf die angetriebenen Räder übertragen wird, und kritische Situationen entschärft.
(3) Fahrgastkomfort	(1) Der Tridion frame und die Sandwich-Bauweise maximieren den verfügbaren Fahrzeuginnenraum und die Sicht für zwei Insassen; (2) Die Sitze und Kontrollanzeigen sind nach ergonomischen Prinzipien gestaltet.
(4) Kundenvariable Bauweise	Hohe Teilevielfalt, die in Farbe und Material variieren. Einzelteile können leicht ausgetauscht werden. Dies gilt insbesondere für (1) die externe Fahrzeugbeplankung aus Kunststoff, dem sog. »Customized Body Panel System« (CBS); (2) die Elemente des smart-Interieurs, wie z. B. die Fahrzeuginnenbeplankung, Innenausstattung, Polsterteile einschließlich Sitzbezüge.
(5) Umweltverträglichkeit	(1) Niedrige Emissionen aufgrund geringeren Kraftstoffverbrauchs; (2) Recyclingquote der Fahrzeugteile entspricht 95 %; (3) Verwendung nicht-toxischer, nachwachsender Materialien; (4) Anwendung umweltfreundlicher Produktionsverfahren, wie z. B. die Pulverlackierung des Tridion frame.
(6) Mobilitätsbezogene Dienstleistungen	Bereitstellung individualisierter Mobilitätspakete, die über das eigentliche Automobil hinausreichen. Wichtige Elemente sind die (1) »Mobility Box« des smart, die Notfallfunktionen, Verkehrsinformationen, Navigationshilfen oder ein Mobiltelefon enthält; (2) Entkopplung von Nutzung und Eigentum: Der smart ist als Stadtwagen für kurze Distanzen gedacht. MCC plant deshalb, den smart an Flughäfen und Bahnhöfen in europäischen Großstädten, sowie Wagen der Marke Mercedes-Benz für Urlaubsreisen bereitzustellen.

Tabelle 7.1: Innovationen des smart, nach [Pfaf 2003]

Dieser Verbund wurde als das erweiterte Unternehmen **Micro Compact Car AG** (MCC) eingesetzt. Die Idee war es, einen revolutionären Kleinwagen zu bauen, der bei einem Höchstmaß an Innovation gleichzeitig auch einen hohen zusätzlichen Nutzen für den Endverbraucher bringen würde. Dabei sollte auf dem Erfolgskonzept der Swatch-Uhren aufgesetzt und die Erfahrungen des Automobilherstellers Mercedes-Benz genutzt werden, um dieses Konzept in die Praxis umzusetzen. Eine Liste der wesentlichen Innovationen des smart und deren Umsetzungen ist in **Tabelle 7.1** dargestellt.

Die Umsetzung dieser Innovationen in nahezu allen Bereichen des Fahrzeuges spielte eine wesentliche Rolle für die spätere Komposition des erweiterten Unternehmens, insbesondere in Bezug auf die Einbindung von Zulieferern. Die Unternehmensstruktur wurde weitestgehend an die hier dargestellten Module der Innovationsstruktur angepasst. Auf diese Unternehmensstruktur wird im Abschnitt 7.2.1 gesondert eingegangen.

Die Beispiele des Wissensmanagementsinsatzes im Konstruktionsprozess stammen aus dem Innovationsbereich (1) Kraftstoffverbrauch, wobei im zugehörigen Kapitel 7.6 besonders auf die Bauweise eines Teiles der Motoreinheit eingegangen wird.

7.2 Einführung und Umsetzung des Konzeptes

In diesem Szenario gehen wir davon aus, dass die Unternehmen Mercedes-Benz und SMH gleichzeitig mit dem Beschluss ein gemeinsames erweitertes Unternehmen unter dem Namen MCC zu gründen auch den Einsatz eines unternehmens- und produktlebenszyklusübergreifenden Produktwissensmanagementein-satzes beschlossen haben. Die in dieser Arbeit dargestellte und entwickelte Methodik soll im Folgenden illustriert werden. Dabei werden der Gesamtkontext und die beteiligten Unternehmen so realistisch wie möglich beschrieben.

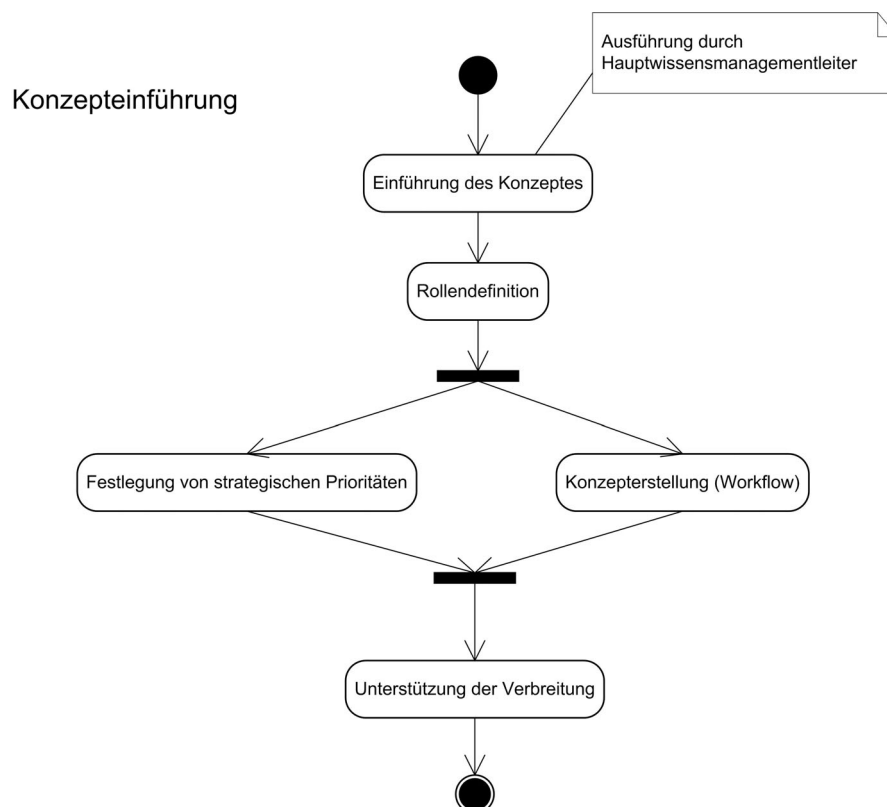


Bild 7.1: Einführung des Produktwissensmanagementkonzeptes

Als Hauptverantwortlicher für die Einführung und die Umsetzung des Wissensmanagementkonzeptes ist der bisherige Leiter der Abteilung Strategisches Projektmanagement bestimmt worden. Entsprechend der Methodik wurde das Konzept eingeführt. Die dazu wesentlichen Aufgaben sind in dem UML-Workflow-Diagramm **Bild 7.1** festgehalten.

Ein erster grundlegender Aspekt, welcher im Verantwortungsbereich des Hauptwissensmanagers liegt, ist die Festlegung einer Softwarearchitektur, welche die Einführung, Umsetzung und Unterstützung der Methodik unterstützt. Dieses ist im Workflow der Konzepteinführung nicht festgehalten, da dies nicht explizit zu

dem hier vorgestellten Konzept gehört. Die hier benutzte Softwarearchitektur wurde auf die Anforderungen des erweiterten Unternehmens angepasst und ist in **Bild 7.2** schematisch dargestellt.

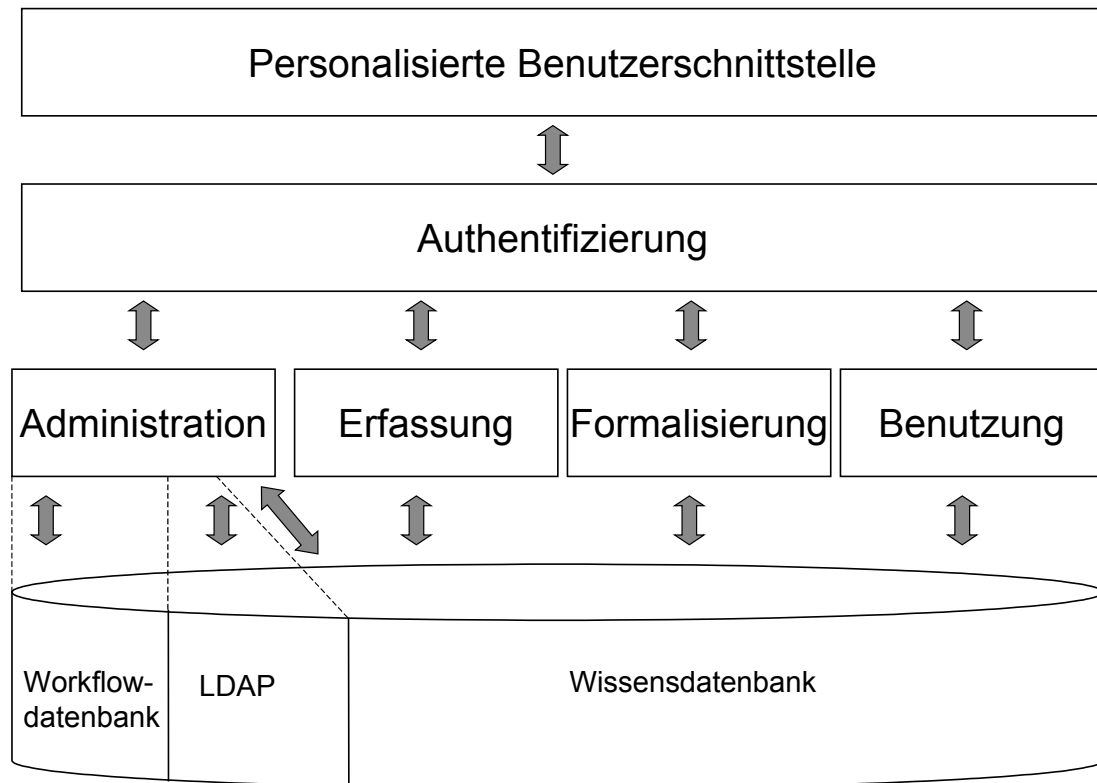


Bild 7.2: Architektur des entwickelten Wissensmanagementsystems

Bei der hier dargestellten Architektur handelt es sich um ein Vier-Schicht-Modell. Die Benutzerschnittstelle ist als personalisiertes Interface umgesetzt. Somit kann jeder Benutzer auf eine eigene Umgebung zugreifen. Die Realisierung jeglicher Aktivitäten des Benutzers ebenso wie der Darstellung seiner persönlichen Benutzeroberfläche bedarf expliziter Authentifizierung im System.

Die Authentifizierungsschicht liegt oberhalb der Anwendungsschicht und stellt somit anwendungsspezifische Anfragen an die entsprechenden Datenbanken.

Die Anwendungsschicht des Softwaresystems umfasst hier vier verschiedene Anwendungsmodul zur Wissensverarbeitung. Diese Module spiegeln die in dieser Arbeit vorgestellte Methodik wieder. Über das Administrationsmodul werden hier alle wesentlichen Authentifizierungen durchgeführt, da dieses sowohl auf die Wissensdatenbank, als auch auf die Workflowdatenbank und das LDAP zugreifen kann. Somit kann über das Administrationsmodul der Kontext der Authentifizierung abgebildet werden, welches insbesondere in Bezug auf den Schutz geistigen

Eigentums eine wesentliche Rolle spielt. Die anderen Module Erfassung, Formalisierung und Benutzung sind entsprechend der Wissensmanagementaktivitäten aufgeführt und implementiert. Diese Module interagieren im Wesentlichen mit der Wissensdatenbank, das heißt mit diesen Modulen kann das Wissen direkt bearbeitet werden.

Die vierte Schicht der Architektur ist die so genannte Datenschicht. Sie repräsentiert alle wichtigen Speicherbereiche für jede Art von Daten, die in diesem Zusammenhang benötigt werden. Es gibt drei verschiedene Datenbanken. Die Workflowdatenbank enthält die Abbildung aller wichtigen Prozesse und deren Abläufe. In der LDAP Datenbank sind die wesentlichen Informationen zur Benutzerverwaltung und Authentifizierung festgehalten. Der wesentliche logische Teil der Datenschicht ist die Wissensdatenbank. In dieser Datenbank werden alle Information und Wissensobjekte des gesamten erweiterten Unternehmens festgehalten. Sie stellt somit das wesentliche Wissenskapital der Firma MCC dar.

7.2.1 Definition des erweiterten Unternehmens und der Rollen

Eine der Hauptaufgaben des Hauptwissensmanagers ist es, zu Beginn der Einführung das erweiterte Unternehmen, sowie die verwendeten Rollen innerhalb des Wissensmanagementmodells zu definieren und instanziiieren. Dieses stellt die Grundlage für jegliche weitere Aktivität dar, da darauf aufbauend erst die Ausführung des Konzeptes ermöglicht wird. Im **Bild 7.3** ist eine vereinfachte Darstellung des erweiterten Unternehmens MCC dargestellt.

Die initiale Struktur des Unternehmens ist durch die entsprechenden Anteilseigner Mercedes-Benz und SMH festgelegt worden. Diese treten im vorliegenden Modell nun als Instanzen der Klasse Unternehmen auf. Das gesamte erweiterte Unternehmen MCC ist analog zur hierarchischen, modularen Bauweise des smart definiert worden. In der hier vorliegenden Abbildung beschränken wir uns auf die Komposition des Organisationsmoduls „Fahrwerk“. Das Modul Fahrwerk ist dementsprechend als Objekt der Klasse Organisationseinheit festgelegt, welches wiederum hierarchisch aus anderen Unternehmen und Organisationseinheiten zusammengesetzt ist. Einige dieser Organisationseinheiten gehören ebenfalls zu einem Unternehmen, welches aber in dem Kontext des erweiterten Unternehmens nicht auftritt, so zum Beispiel Robert Bosch Radaufhängung und Robert Bosch Bremssystem. Ebenso treten hier auch Organisationseinheiten auf, welche Teil der leitenden Unternehmen sind, wie zum Beispiel Mercedes Benz Achsenproduktion.

In **Bild 7.3** wird exemplarisch dargestellt, dass die kleinsten Einheiten dieser Unternehmenshierarchie Objekte der Klasse Person sind. Der Hauptwissensmana-

ger D. Bennet stellt dabei ein Mitglied der Organisationseinheit Strategisches Projektmanagement des Unternehmens Mercedes Benz dar.

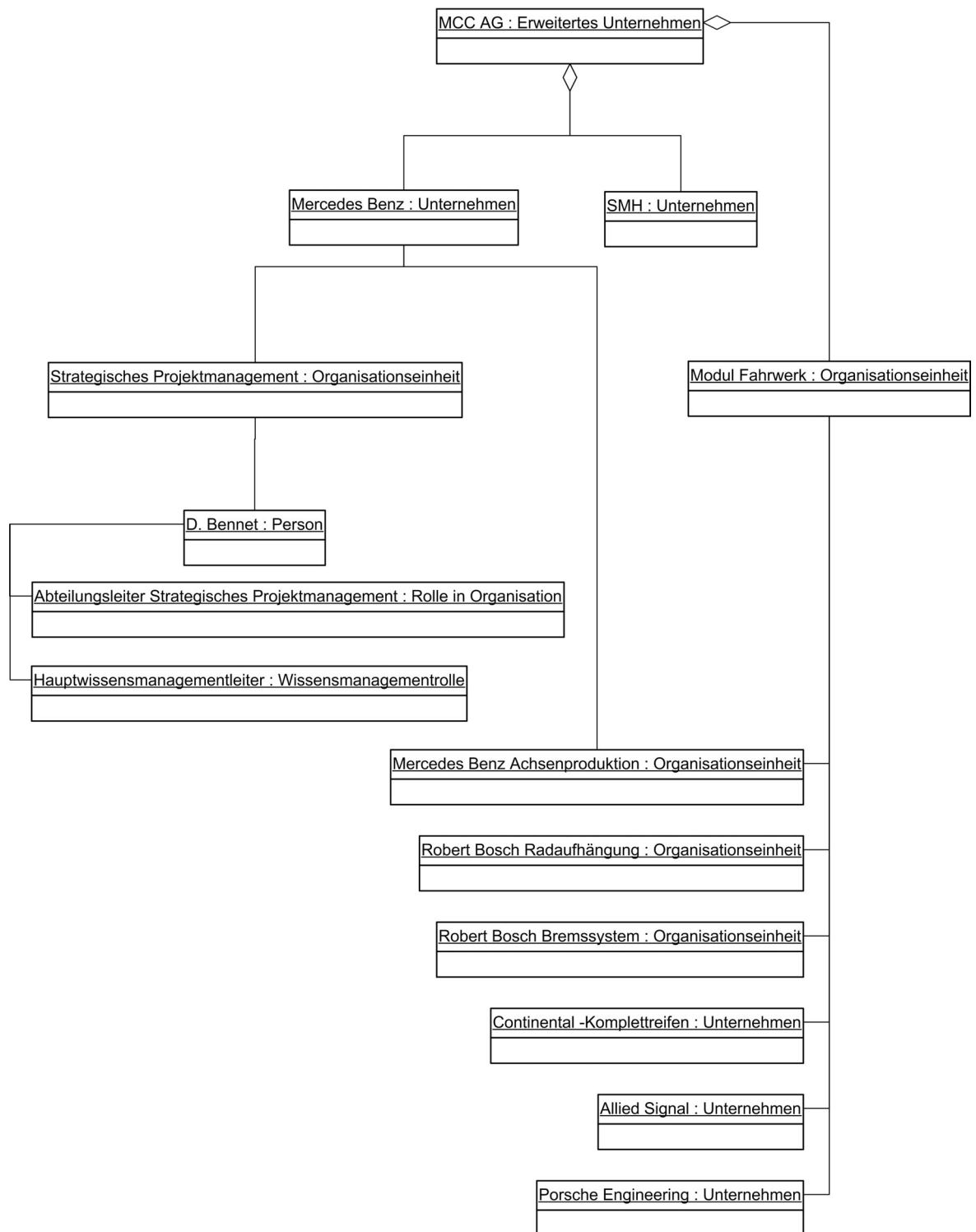


Bild 7.3: Das erweiterte Unternehmen MCC AG am vereinfachten Beispiel

Analog zur eigenen Darstellung der Person als Wissensmanagementrolle obliegt es dem Hauptwissensmanager alle Rollen, die innerhalb des Konzeptes eingesetzt werden, zu definieren und die Anforderungen an die Rollen festzulegen. Hierbei handelt es sich vor allen Dingen um die wesentlichen Wissensmanagementrollen und die Rollen im Kontext. Die Objekte der Klasse Rolle in Organisation werden von den einzelnen Unternehmen und Organisationseinheiten jeweils selbst festgelegt.

Bei der Festlegung der Wissensmanagementrollen werden nicht die Rollen selbst neu definiert, sondern es wird spezifiziert, in welcher Art und Weise welche Rolle angewandt werden soll. Es ist zum Beispiel sinnvoll, innerhalb jeder Organisationseinheit die Rolle des Wissensmanagers zu besetzen. Die Aufgaben des Wissensmanagers bestehen darin, das Konzept innerhalb der Organisationseinheit zu vermitteln, konzeptionell miteinander zu kommunizieren und den Hauptwissensmanager zu unterstützen. Die Besetzung der Rollen innerhalb des erweiterten Unternehmens stellt somit einen wesentlichen Aspekt des unternehmensspezifischen Wissensmanagementkonzeptes dar.

7.2.2 Konzepterstellung und Festlegung strategischer Prioritäten

Der Hauptwissensmanager ist für die Erstellung eines detaillierten Konzeptes und die Festlegung der entsprechenden strategischen Prioritäten des Unternehmens in Bezug auf den Wissensmanagementeinsatz zuständig. Zuvor wurde die Einbindung eines Grobkonzeptes und die softwaretechnische Umsetzung kurz beschrieben. Bei der hier dargestellten Aufgabe des Hauptwissensmanagers geht es um die detaillierte, konzeptionelle Festlegung der Aufgaben (Prioritäten) und der zugehörigen Aktivitäten (Workflow).

Die strategischen Prioritäten in Bezug auf den Wissensmanagementeinsatz ergeben sich in der Regel aus den strategischen Planungen des erweiterten Unternehmens. In **Bild 7.4** ist beispielhaft die Abbildung von strategischen Prioritäten des Unternehmens MCC AG im Produktbeschreibungsmodell dargestellt. Somit gehört die Aufgabe der Portierung der Unternehmensstrategien zu den Aufgaben des Hauptwissensmanagers.

In einem Objekt der Klasse Rangsystem legt der Hauptwissensmanager ein System zur Einteilung der strategischen Prioritäten des Unternehmens fest. Hierbei handelt es sich um eine einfache Einordnung in Werte von 1 (sehr wichtig) bis 5 (unwichtig). Hier dargestellt sind einige der entscheidenden strategischen Prioritäten des Unternehmens, welche Einfluss auf das zu entwickelnde Konzept nehmen. Die Bewertung einzelner strategischer Objekte erfolgt durch das festgelegte Rangsystem mit den entsprechenden Zuordnungen. So ist es zum Beispiel für das Unternehmen von sehr wichtiger Bedeutung, die Zulieferer direkt mit in die Pro-

duktentwicklung einzubeziehen. Das Outsourcing von betriebswirtschaftlichen Funktionen ist von geringerer Bedeutung. Als Beispiel ist hier des Weiteren die Einteilung oder auch Klassifizierung in verschiedene Ranggruppen dargestellt. Hier wird unterschieden, welche dieser Prioritäten zu mittel- oder zu langfristigen Zielen gehören. Auf Grund dieser Einteilungen kann im Folgenden die Bewertung einzelner Ziele gegeneinander erfolgen. Die wesentliche Aufgabe des Hauptwissensmanagers ist es somit, eine Vorauswahl der Unternehmensprioritäten in Bezug auf den Einsatz von Produktwissensmanagement vorzunehmen und dieses entsprechend direkt im System zu implementieren.

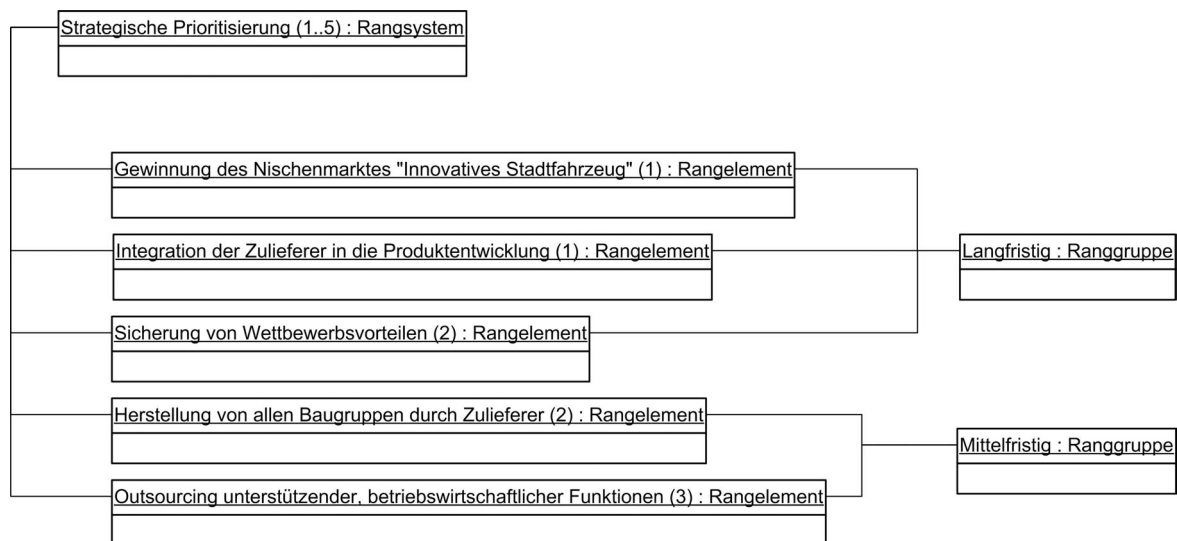


Bild 7.4: Beispiel der Abbildung der strategischen Prioritäten im Modell

Parallel zur Festlegung und Klassifizierung der strategischen Prioritäten im System erfolgt die Erstellung des Produktwissensmanagementkonzeptes für das erweiterte Unternehmen. Dabei geht es darum, die strategischen Ziele durch das Produktwissensmanagement zu unterstützen und zu realisieren. Das Konzept wird entsprechend der hier vorgestellten Systemstruktur als Workflow in das entsprechende Workflowsystem eingebunden. Dabei werden die Aufgaben zur Realisierung des Konzeptes erstellt, aufgeteilt, Personen und Rollen zugeordnet und als Prozesskette dargestellt.

Als Beispiel sei hier die konzeptionelle Unterstützung der Einbindung der Zulieferer in den Entwicklungsprozess genannt. Hierbei muss der Hauptwissensmanager die Aufgaben festlegen, welche benötigt werden, um im Sinne eines Produktwissensmanagements diese Ziele zu erreichen. Typischerweise kann hier, ähnlich wie in Konstruktionsmethodiken, das Hauptziel in Unterfunktionen unterteilt werden. Zu diesen Unterfunktionen werden dann in letzter Granularität Lösungen erstellt, welche sich als Ergebnis von Aktivitäten auszeichnen. Diese Aktivitäten werden dann im Workflowsystem analog zur Funktionsstruktur abgelegt und mit

Personen oder Rollen verknüpft. Solche Funktionen, respektive zugehörige Aktivitäten können hier zum Beispiel die „Erstellung von Kommunikationsplattformen zwischen einzelnen Unternehmen“ oder „Ermöglichung der Einsichtnahme bestimmter Unternehmen auf bestimmte, konstruktionsrelevante Daten“ sein.

Die Unterstützung der Verbreitung, welche die in dem dargestellten Workflow abschließende Aufgabe des Hauptwissensmanagers ist, wird hier nicht mehr gesondert am Beispiel behandelt. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um eine nicht formal abzubildende Gruppe von Aktivitäten, die sich hauptsächlich als Lobbying in allen Hierarchieebenen der beteiligten Unternehmen für den Einsatz von Produktwissensmanagement beschreiben lässt. Auf die Bedeutung dieser Aufgabe wurde schon mehrfach explizit hingewiesen, jedoch ist sie als Teil des vorgestellten Konzeptes nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da sie explizit und formal nur sehr schwierig zu erfassen ist.

7.3 Administration

Das Systemmodul der Administration beinhaltet alle wesentlichen Aspekte, die zur Verwaltung des Produktwissens innerhalb des vorgestellten Konzeptes benötigt werden. Die entsprechenden Aktivitäten sind in **Bild 7.5** als Workflow dargestellt. Die Mehrzahl dieser Aufgaben werden von der Rolle des Wissensingenieurs durchgeführt. Nur die Aktivitäten der Definition des Produktlebenszyklus und der Rolle im Kontext werden von der Rolle Wissensmanagementleiter durchgeführt.

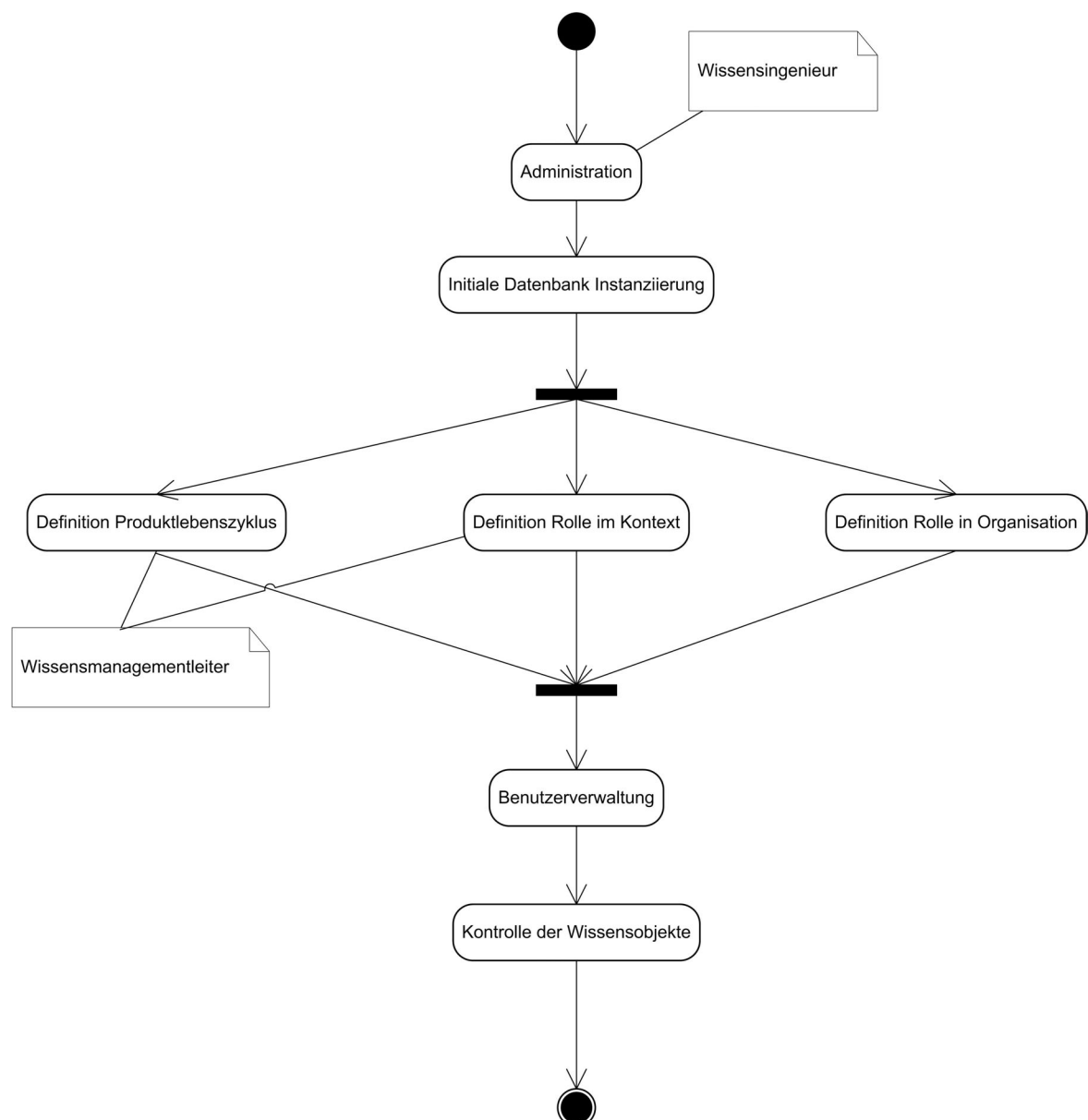


Bild 7.5: Workflow Administration

Die einführende Aufgabe in diesem Workflow ist die initiale Instanziierung der Datenbanken des Wissensmanagementsystems. Diese dienen als initiale Refe-

renzpunkte für die spätere Anwendung durch die Benutzer. Die wesentlichen Instanzen beziehen sich hierbei auf die Bereiche des Produktinformationsmodells, da andere Bereiche wie die Wissensmanagementrollen und die Unternehmensstruktur bereits durch den Hauptwissensmanager festgelegt worden sind. Startpunkt dieser Aktivität ist die Definition des Produktes, in diesem Fall des smart. **Bild 7.6** zeigt hierbei die initiale Festlegung des Produktes smart 3-Zyl. CDI in Bezug auf die Produkthierarchie. Diese ist hier beispielhaft bis in die zweite Hierarchieebene in der Baugruppe Antriebe durchgeführt. Hier erkennt man deutlich, dass die Unternehmensstruktur (**Bild 7.3**) parallel zur Produktstruktur aufgebaut ist. Unterschiede ergeben sich bei Teilen, welche für die reine Produktstruktur unerheblich sind. So ist zum Beispiel die Baugruppe Achsen ein Teil der Baugruppe Fahrwerk. In der Unternehmensstruktur wird jedoch in Achsenproduktion (Mercedes-Benz) und Achsenentwicklung (Porsche Engineering) unterschieden, da diese Unterteilung für andere Schritte der Produktentwicklung von Bedeutung ist.

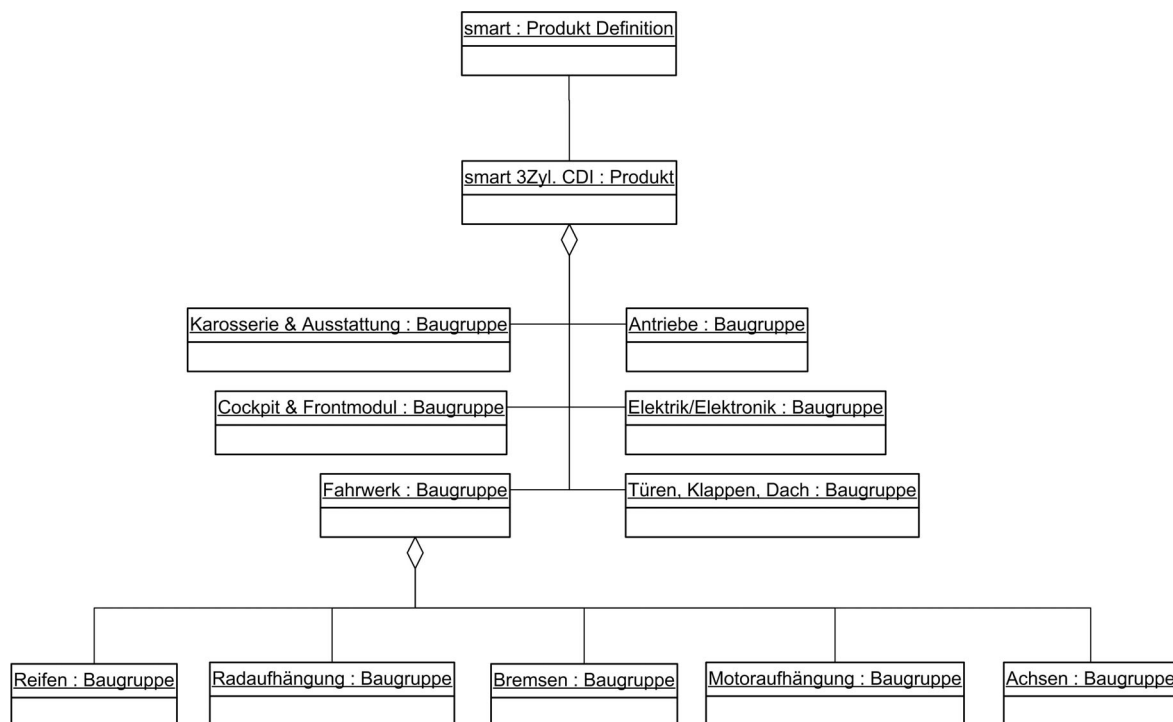


Bild 7.6: Initiale Instanziierung der Produkthierarchie

Analog zur Produktkomposition werden in dieser Aktivität weitere wesentliche Attribute des Produktes smart definiert und im Produktbeschreibungsmodell abgelegt. Dazu gehören vor allem Anforderungen, Eigenschaften und Funktionsstrukturen. Es können jedoch bei entsprechendem Bedarf auch alle anderen Bereiche des Produktbeschreibungsmodells benutzt werden. Hierzu gehören insbesondere auch die Definitionen verschiedener Produktwissensklassen. Die Klassifizierung stellt die Grundlage für weitere Wissensmanagementaufgaben dar: Formalisie-

rung, Suche und Evaluierung. In **Bild 7.7** sind verschiedene Objekte der Klasse Wissensklasse dargestellt, wie sie in praxi zur Anwendung kommen. Diese Klassifizierungsobjekte können sowohl hierarchisch als auch unstrukturiert definiert werden. Die Granularität der Definitionstiefe hängt in der Regel vom Kontext und dem Einsatzbereich des Wissensmanagements ab. Eine zu feine Gliederung ist jedoch nicht zu empfehlen, da diese Klassifizierungen in den Bereichen der Suche und Evaluierung zusammen mit anderen Parametern eingesetzt werden und somit nicht als alleiniges Evaluationsobjekt, sondern eher zur groben Eingliederung dienen.



Bild 7.7: Beispiele verschiedener Wissensklassen

Innerhalb des Workflows der Administration werden zwei Aufgaben von der Rolle des Wissensmanagers übernommen (**Bild 7.5**). Dabei handelt es sich um die Definition des Produktlebenszyklus sowie die Definition der Rollen im Kontext. Bei diesen Aufgaben handelt es sich ebenfalls hauptsächlich um Aktivitäten einer initialen Informationsbereitstellung um die Einführung und Bearbeitung des Systems zu ermöglichen und erleichtern. Ein Beispiel für die Definition eines Produktlebenszyklus, welcher jeweils immer produktbezogen definiert wird, ist in **Bild 7.8** dargestellt. Hierbei ist zu beachten, dass der Produktlebenszyklus ebenfalls hierarchisch aufgebaut werden kann. So kann gewährleistet werden, dass in frühen Einführungsphasen des Konzeptes der Produktlebenszyklus als grobe Vorgabe für die Wissensverarbeitung dient und bei Bedarf verfeinert werden kann sowie auch zusätzliche Ebenen eingeführt werden können. Der hier dargestellte partielle Produktlebenszyklus ist für den Einsatz im erweiterten Unternehmen optimiert. Diese Bereiche dienen ebenfalls der Klassifizierung des Produktwissens in bestimmte Abschnitte und werden bei der Eingabe und Benutzung des Wissens im Folgenden benötigt.

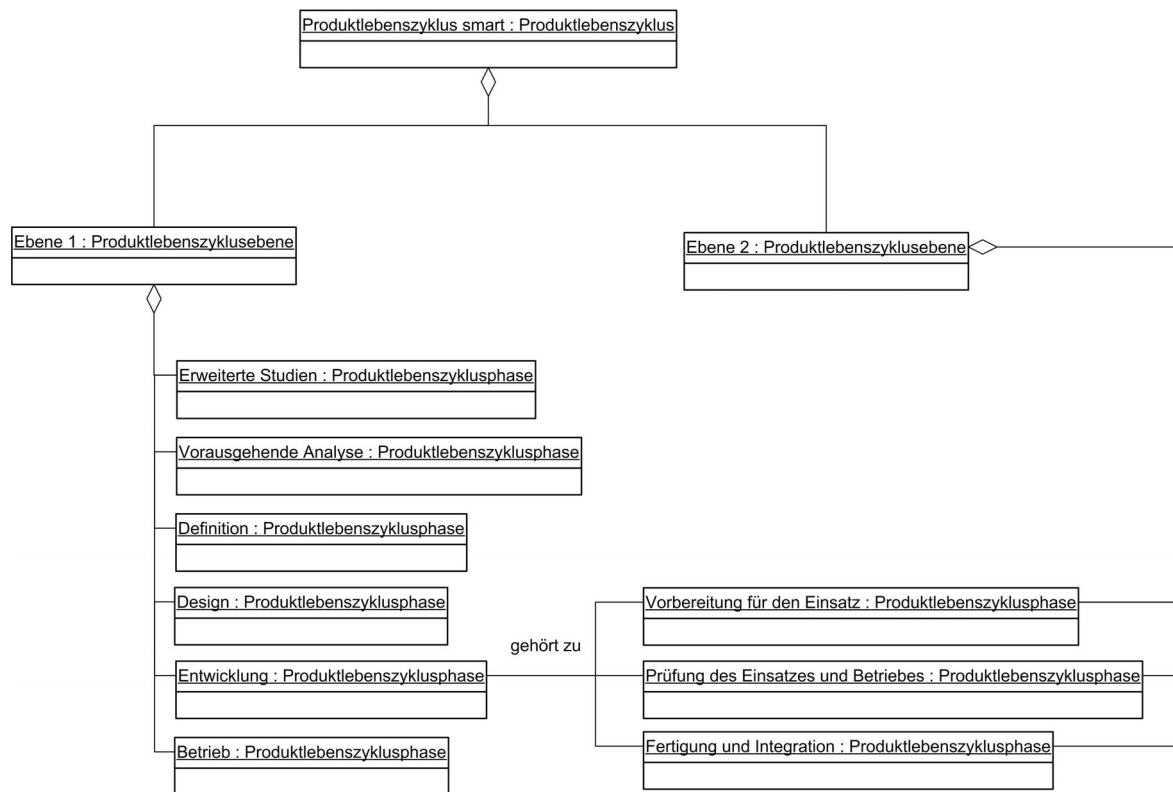


Bild 7.8: Beispiel der Produktlebenszyklusdefinition des smart

Die Aktivität der Definition der Rolle im Kontext wurde bereits im Kapitel 4 mit expliziten Beispielen illustriert. Es bleibt hier festzuhalten, dass die Definition dieser Rollen die semantische Verknüpfung zwischen den Rollen (bzw. Aktivitäten) des Wissensmanagements und der Organisation darstellt und somit eine besondere, integrative Bedeutung hat.

Bei der Aktivität der Definition der Rolle in der Organisation handelt es sich im Wesentlichen um eine Ableitung und Festlegung der Aufgaben von Personen innerhalb des erweiterten Unternehmens. Diese decken sich zumeist mit den Aufgaben innerhalb des einzelnen Unternehmens.

Die Kontrolle der Wissensobjekte entspricht der Anwendung von Methoden des Qualitätsmanagements auf bestimmte Benutzereingaben. Die Anwendungsmöglichkeiten sind hier bekanntermaßen sehr vielseitig und spezifisch auf das Unternehmen und den Ansatz anzuwenden. Der Leser sei hier auf die Anwendungen in [Masi 1994] verwiesen.

7.4 Erfassung

Die Wissenserfassung stellt eine der wesentlichsten Aufgaben innerhalb jedes Wissensmanagementkonzeptes dar. Der Ansatz innerhalb des hier vorgestellten Konzeptes lässt sich anhand von **Bild 7.9** erläutern. Alle wesentlichen Eingaben von Wissensobjekten in das System werden von der Rolle Experte durchgeführt.

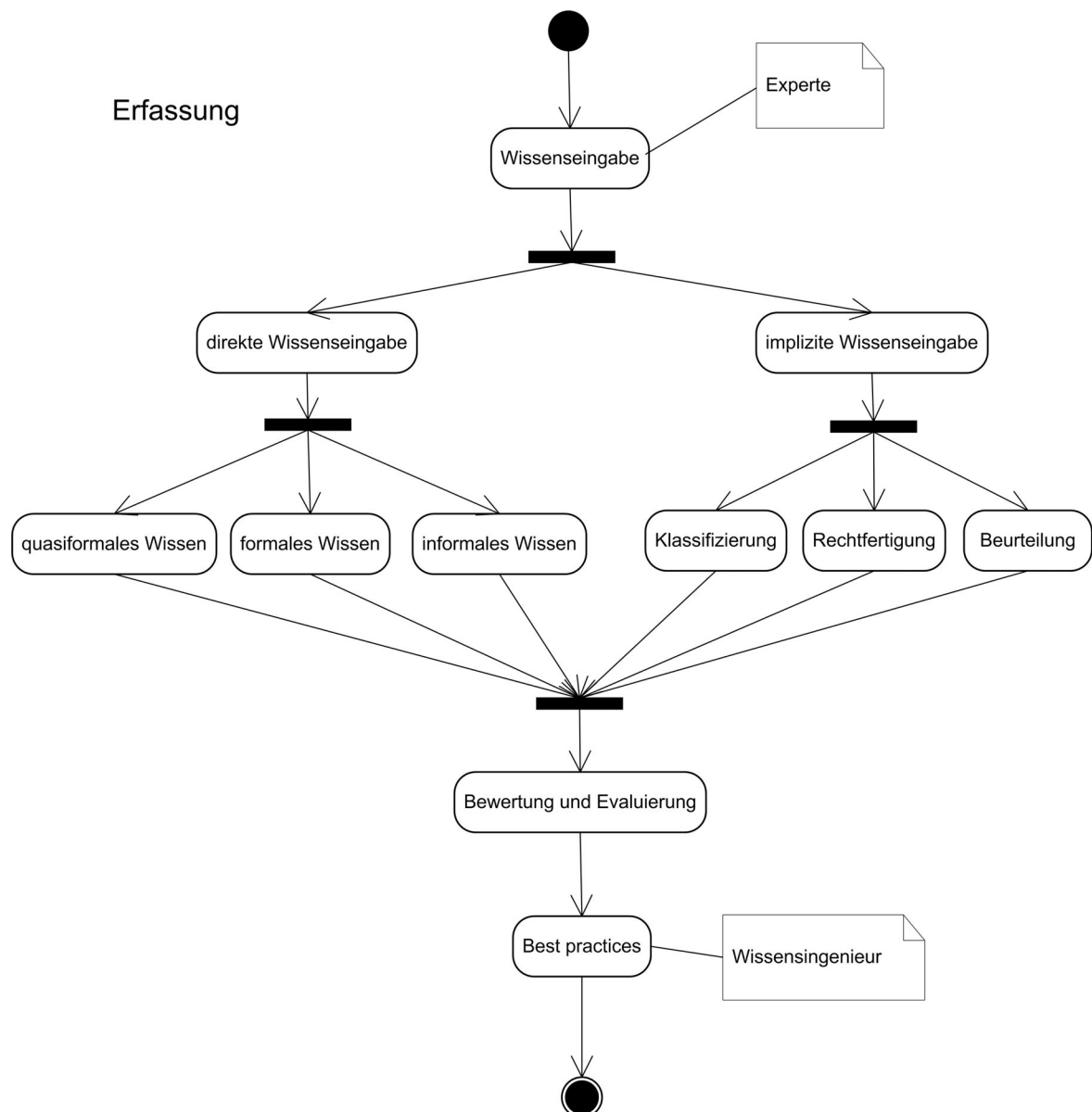


Bild 7.9: Workflow der Erfassung von Wissen

Die Wissenseingabe teilt sich hierbei in zwei Bereiche auf: die direkte Wissenseingabe und die implizite Wissenseingabe. Bei einer direkten Wissenseingabe handelt es sich um einen Eintrag von Wissen in das System, der gezielt, jedoch nicht basierend auf Geschäftsprozessen, durchgeführt wird. Die Initialisierung ei-

ner solchen Eingabe erfolgt in der Regel durch Aufforderung einer der administrativen Rollen, Wissensingenieur oder Wissensmanager, um das Wissensniveau in bestimmten Bereichen zu erhöhen und damit andere Beteiligte zu unterstützen.

Die implizite Wissensangabe ergibt sich aus den Geschäftsprozessen der verantwortlichen Personen im erweiterten Unternehmen. Es handelt sich somit um eine gezielte Ausbeutung der Aktivitäten in Bezug auf die Erfassung von Wissen für das Unternehmen. Die hier dargestellten Aktivitäten Klassifizierung, Rechtfertigung und Beurteilung sollen im letzten Abschnitt des Kapitels, der Benutzung des Wissensmanagementsystems, am Beispiel eines Konstruktionsprozesses erläutert werden.

Für die direkte Wissensangabe (auf der linken Seite der Abbildung) werden im folgenden Beispiele zur Illustration gegeben, welche die Abbildung der eingegebenen Objekte im System widerspiegeln.

Die Einordnung der Objekte erfolgt in die Klassen formales, quasiformales und informales Wissen. Entsprechend dem in Kapitel 5 vorgestellten Datenmodell kann informales Wissen entweder in textueller oder akustisch/visueller Form eingegeben werden. Ein Beispiel für die Eingabe und Repräsentation eines textuellen Wissensobjektes ist in **Bild 7.10** dargestellt.

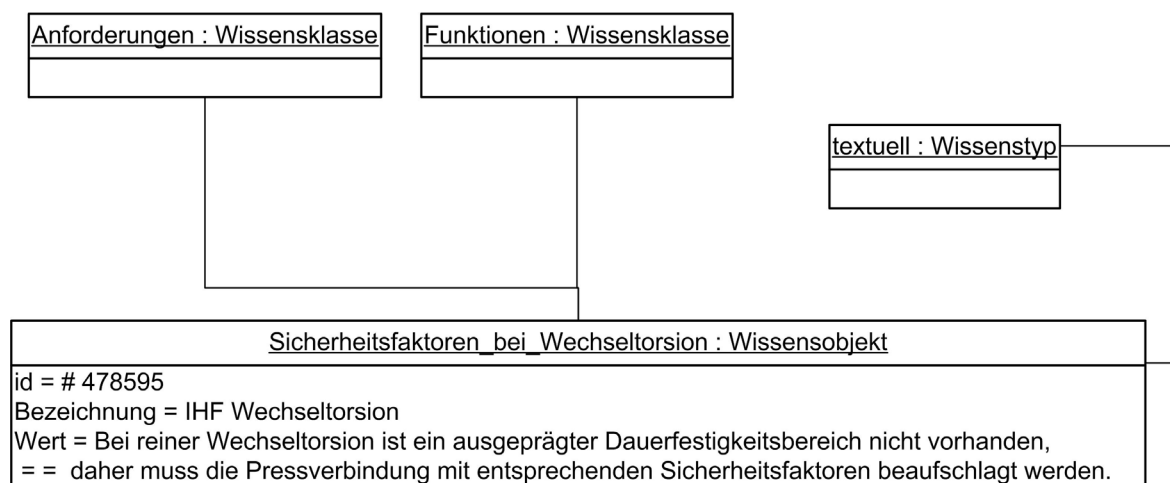


Bild 7.10: Beispiel für ein informales, textuelles Wissensobjekt

Es handelt sich hierbei um Erfahrungswissen eines Konstrukteurs, welcher bei der Auslegung von innenhochdruckgefühten Welle-Nabe-Verbindungen auf Grund des Fehlens eines breiten Dauerfestigkeitsbereiches bei Wechseltorsion die Verwendung entsprechender Sicherheitsfaktoren bei der Auslegung der Pressverbindung vorschreibt. Dieses Wissensobjekt wurde vom Experten den Klassen Anforderungen und Funktionen zugeordnet. Solche textuellen, informalen Wissensobjekte können formalisiert und in das Produktbeschreibungsmodell übertragen werden. Dies wird im folgenden Abschnitt erläutert.

Wissensobjekte des Typs akustisch/visuell sollen nicht weiter formalisiert werden. Gerade diese Arten sind in vielen Fällen deutlich illustrativer und veranschaulichen auch dem Nichtexperten den entsprechenden kausalen Zusammenhang. Dies gilt insbesondere dann, wenn die visuellen Aufnahmen (Bild/Video) mit semantischen Informationen (in akustischem oder textuellen Format) erläutert werden. **Bild 7.11** zeigt solch ein typisches Bild eines visuellen Wissensobjektes. Es stellt eine innenhochdruckgefügte Welle-Nabe-Verbindung nach einer zyklischen Torsionsbeanspruchung dar. Innerhalb dieses Bildes ist für den Experten deutlich der Reibrost an der Verbindungsstelle zu erkennen. Dies läßt auf eine begrenzte Lebensdauer der Verbindung schließen. Diese Schlußfolgerung kann als semantisches Element an ein solches Wissensobjekt des Typs akustisch/visuell angehängt werden.

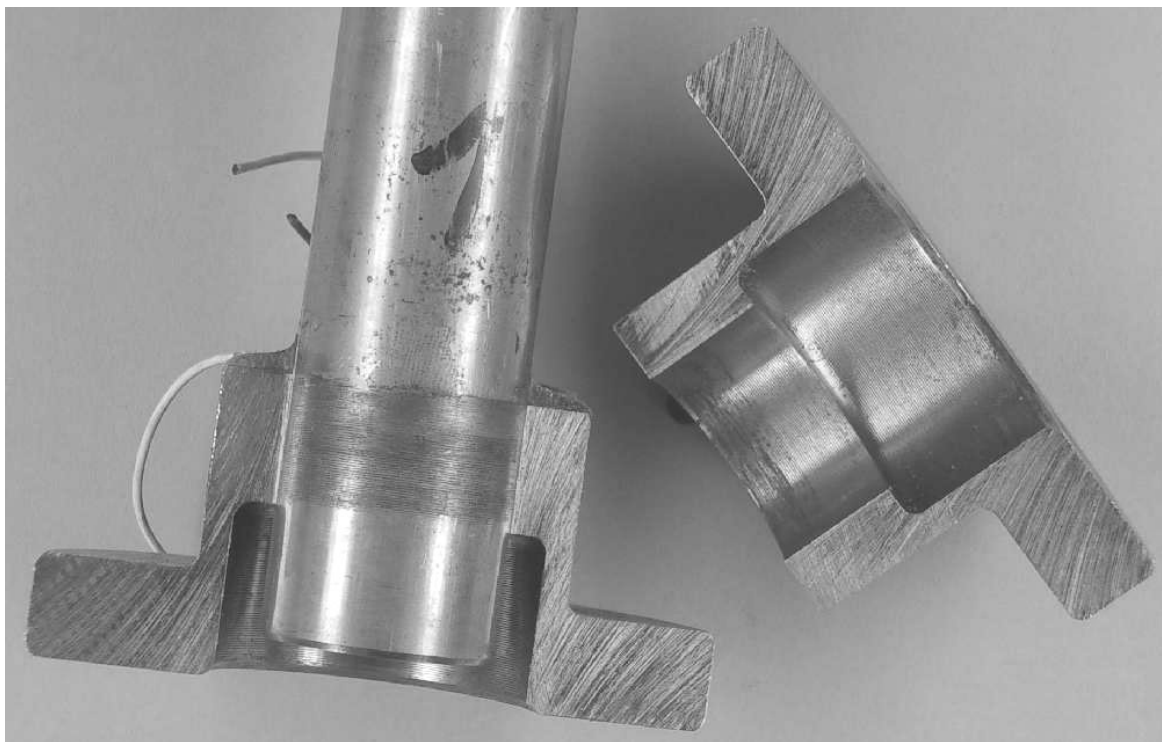


Bild 7.11: Torsionsbeanspruchte, innenhochdruckgefügte Welle-Nabe-Verbindung

Es zeigt sich somit deutlich, dass es durchaus Anwendungsfälle gibt, in denen die gezielte Benutzung von informalen Wissensobjekten deutlich geeigneter scheint, als eine komplizierte Formalisierung des gesamten sich daraus ergebenden Kontextes. Dies gilt insbesondere auch in den Fällen, in denen durch äußere Umstände eine umfangreichere Eingabe erschwert wird, wie zum Beispiel bei der Montage und Inbetriebnahme von Systemen. Hier scheint zum Beispiel eine vertonte Videoaufnahme, welche mit kleinen, mobilen Handgeräten durchgeführt werden kann, sicherlich geeigneter als der Einsatz von PC Umgebungen.

Ein Beispiel für ein so genanntes quasiformales Wissensobjekt ist in **Bild 7.12** und **Bild 7.13** dargestellt. Es handelt sich hierbei um die Einbindung von Wissen, welches in anderen, nativen Formaten vorliegt. Das FEM-Modell der innenhochdruckgefügteten Welle-Nabe-Verbindung wird dabei nicht in der Wissensdatenbank repliziert und formalisiert, sondern das Dokument über ein Objekt der Klasse Dokumentreferenz referenziert.

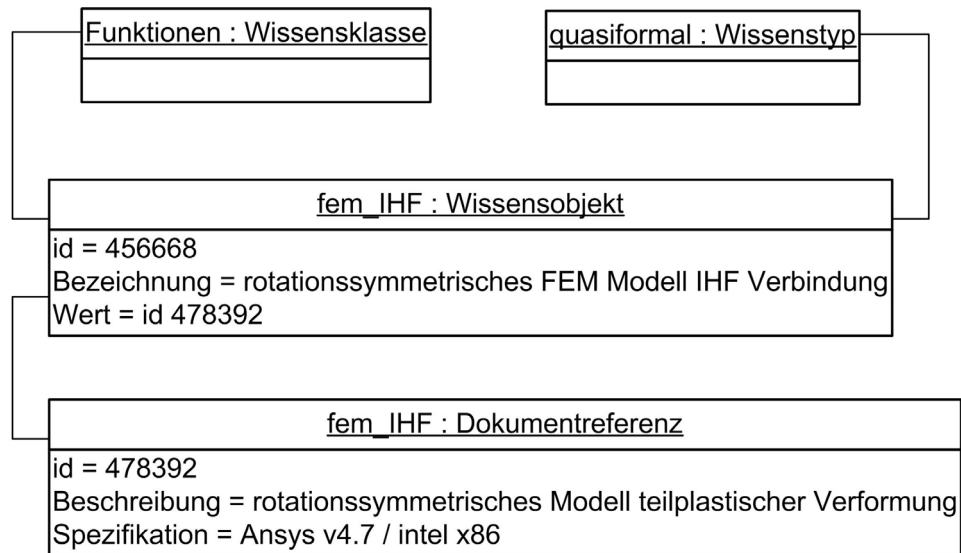


Bild 7.12: Beispiel eines quasiformalen Wissensobjektes

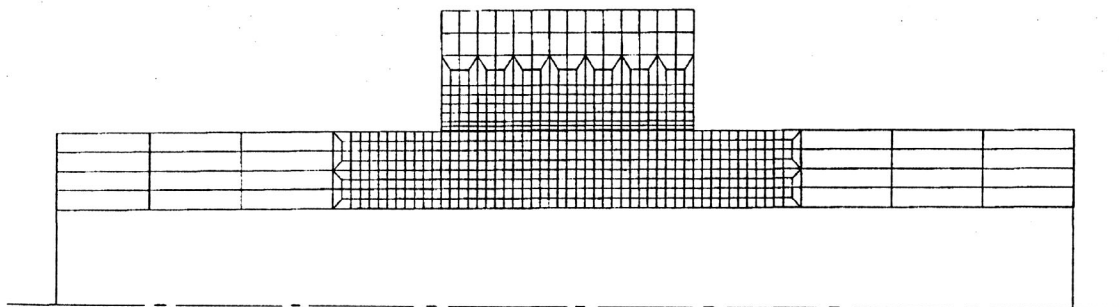


Bild 7.13: Ansicht des rotationssymmetrischen FEM-Modells (aus [Garz 2001])

Durch die Angabe der Softwarespezifikation ist es möglich, diese Referenz an eine spezielle Software zu binden, welche somit als Darstellungswerkzeug innerhalb des Produktwissensmanagementsystems eingebunden werden kann. Bei unternehmensübergreifendem Einsatz ist bei der Implementierung jedoch darauf zu achten, dass die Software in allen Einheiten zur Verfügung steht oder gegebenenfalls entsprechende, anwendungsneutrale Betrachtungswerkzeuge zur Verfügung gestellt werden.

Die Eingabe formaler Wissensobjekte stellt in dieser Methodik die Instanziierung des unterliegenden Datenmodells und der entsprechenden Beziehungen zueinander dar. Es sind somit die Prozesse, respektive deren Ergebnisse, formatunabhängig in der Wissensbasis festgehalten (**Bild 7.14**).

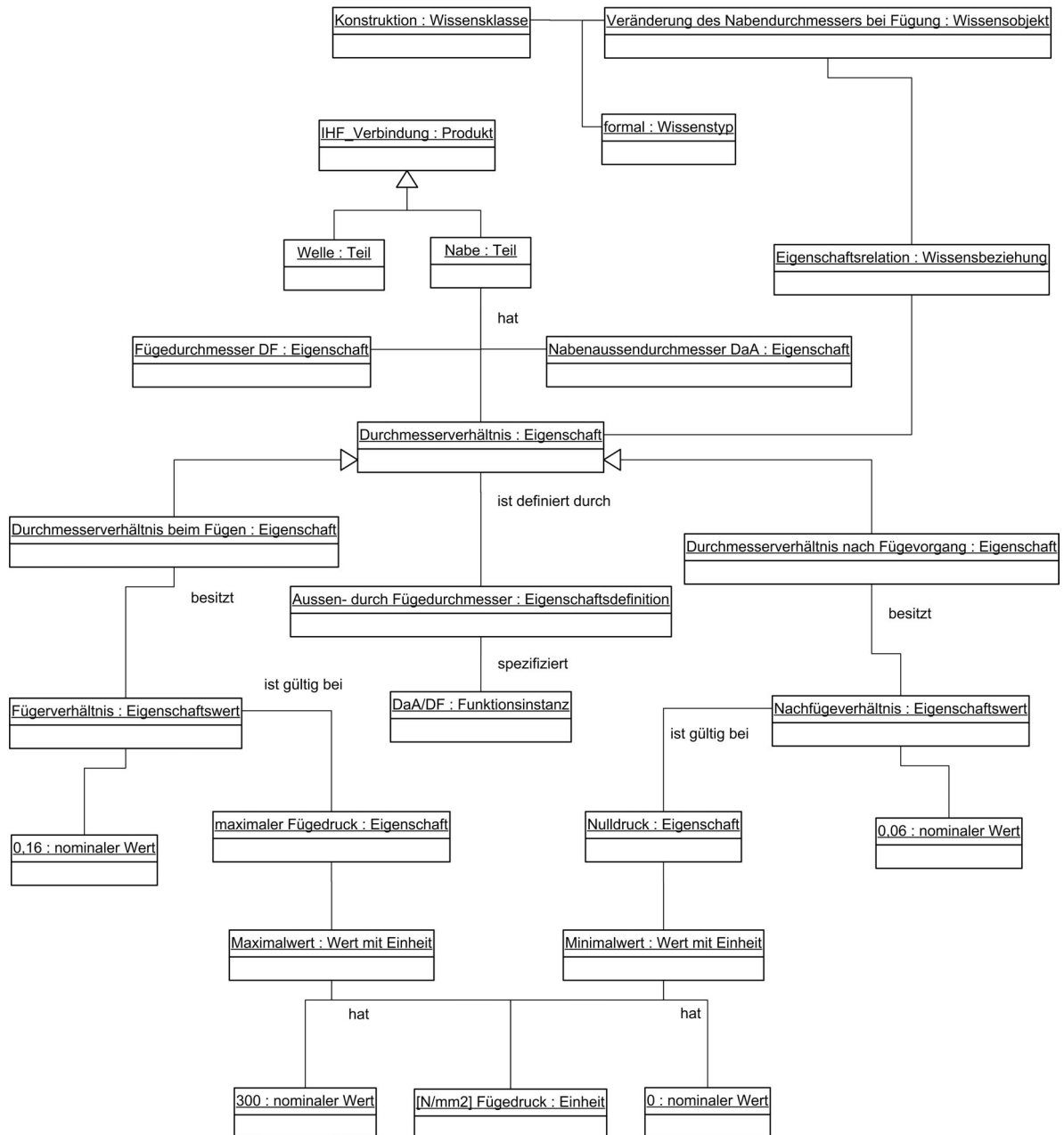


Bild 7.14: Beispiel eines formalen Wissensobjektes

In diesem Beispiel gibt der zuständige Projektingenieur für den Bereich Nockenwellen ein Wissensobjekt über die Veränderung des Nabendurchmessers bei dem Fügeprozess ein. Zunächst wird das entsprechende Wissensobjekt in der Datenbank instanziiert und der entsprechenden Wissensklasse zugeordnet. Die Realisierung erfolgt über eine so genannte Wissensrelation, welche auf ein oder meh-

rere Objekte in dem Datenmodell verweist und einen kausalen Zusammenhang bildet. Zunächst wird das Produkt IHF_Verbindung instanziiert und entsprechend aus Welle und Nabe komponiert. Der Nabe werden dann die Eigenschaften Fügedurchmesser, Nabenaussendurchmesser und Durchmesser Verhältnis zugeordnet. Das Durchmesser Verhältnis wird im Folgenden definiert und durch eine entsprechende Funktionsinstanz spezifiziert. Diese gibt an, dass sich das Durchmesser Verhältnis aus der mathematischen Funktion, dem Verhältnis von Nabenaussendurchmesser zu Fügedurchmesser, numerisch berechnet. In diesem Fall ist die Aussage über das Durchmesser Verhältnis in zwei verschiedenen Stati angegeben, während des Fügens und danach. Zu diesen entsprechenden Zuständen sind die jeweiligen Betriebseigenschaften als Gültigkeitseigenschaft angegeben. Somit ergibt sich für das Durchmesser Verhältnis während des Fügens ein Wert von 0,16, nach dem Fügevorgang ein Wert von 0,06. Aus dieser Beziehung von Eigenschaften und deren funktionalen Zusammenhang kann direkt auf das Rückfederungsverhalten der Nabe nach dem Fügevorgang geschlossen werden.

Das **Bild 7.14** gibt einen Einblick darüber, dass die Eingabe formaler Wissensobjekte in der Regel sehr aufwendig sein kann. Jedoch bleibt festzuhalten, dass es sich in diesem Beispiel um das Resultat aufwendiger Versuchsreihen handelt und sich somit die Dauer der Eingabe des Wissens in das System im Vergleich zur gesamten Versuchsdurchführung und Ausarbeitung vernachlässigen lässt. Zudem wird die Granularität, mit welcher diese Wissensobjekte eingegeben werden, vom Hauptwissensmanager in dem Wissensmanagementkonzept festgelegt. Dabei beachtet dieser, dass keine zu umfangreichen Eingaben benötigt werden.

Der Wissensingenieur hat im Bereich der Wissenseingabe die Aufgabe, die entsprechenden, von den Experten eingegebenen Wissensobjekte zu betrachten und gegenüber einer möglichen Nutzung einzubinden, sowie die Eingaben zu überwachen und überprüfen. Aus wesentlichen Objekten stellt der Wissensingenieur dann eine Sammlung zusammen, welche als „Best practices“ für die weitere Benutzung dienen sollen.

7.5 Formalisierung

Die Formalisierung stellt die Kernaufgabe des Wissensingenieurs dar. **Bild 7.15** gibt einen Überblick über die Formalisierung der drei verschiedenen, hier hergeleiteten Wissenstypen.

Der einfachste hier anzunehmende Fall entspricht der Formalisierung formalen Wissens, deren Eingabe im Abschnitt zuvor erläutert wurde. Da das Wissen hier bereits formal vorliegt, ist keine weitere Bearbeitung erforderlich.



Bild 7.15: Workflow der Wissensformalisierungsprozesse

Bei der Formalisierung quasiformalen Wissens werden die entsprechenden Inhalte des Objektes beschrieben und gemäß einer Dokumentreferenz referenziert, falls noch nicht bei der Eingabe geschehen. Hierbei obliegt es dem Wissensingenieur die bestehenden Angaben zu erweitern oder zu verändern, so dass eine auch für Nichtexperten allgemeinverständliche Beschreibung des Wissensobjektes erfolgt. Ein Beispiel für ein solches Objekt wurde bereits in **Bild 7.12** und **Bild 7.13** dargestellt. Bei dieser Aufgabe kann der Wissensingenieur bei Bedarf vom Experten unterstützt werden. Somit ist das Ergebnis dieses Prozesses ein Wissensobjekt mit Referenzierung und entsprechender Beschreibung.

Die Formalisierung informaler Wissensobjekte untergliedert sich in die Bereiche der Formalisierung akustisch/visueller und textueller Wissensobjekte. Die Formalisierung der akustisch/visuellen Wissensobjekte folgt analog der quasiformalen Wissensobjekte durch Beschreibung und Referenzierung.

Die Formalisierung textueller Wissensobjekte stellt die aufwändigste Aufgabe der Formalisierung dar, wie bereits zuvor bei der Eingabe formalen Wissens beschrieben. In diesem Schritt wird aufgrund einer lexikalisch-syntaktischen Analyse das Datenmodell entsprechend instanziiert. Als Beispiel für ein zu formalisierendes textuelles Wissensobjekt wäre folgende Aussage zu nennen:

Das Verhältnis von Nabenaussendurchmesser ΔD_{aA} zu Fügedurchmesser D_F beträgt bei maximalem Fügedruck $p_{\text{Fluid}}=300 \text{ N/mm}^2$ 0,16% und aufgrund der teilplastischen Verformung nach Druckrücknahme $p_{\text{Fluid}}=0 \text{ N/mm}^2$ 0,06%.

Der Wissensingenieur analysiert diese Aussage und instanziiert die Datenbasis entsprechend. Das Ergebnis dieses Prozesses ist bereits in **Bild 7.14** dargestellt. Bei der Umsetzung dieser Formalisierung ist der Wissensingenieur zum Teil ebenfalls auf die Unterstützung des jeweiligen Experten angewiesen, um die Formalisierung sachlich und fachlich korrekt und auch eindeutig durchführen zu können.

7.6 Benutzung

Die Benutzung des Wissensmanagementsystems illustriert den Nutzen des Systems durch die Verbesserung der Geschäftsprozesse und der daraus entstehenden, optimierten Produkte. Dies soll an dieser Stelle am Beispiel der Entwicklung einer neuartigen Nockenwelle für den Dieselmotor des smart Autos illustriert werden. Dabei wird vor allem auf die Integration des Konstruktionsprozesses in das Modul zur Benutzung der Wissensbasis eingegangen. Das Benutzungsmodul ist generell auf andere Geschäftsprozesse anwendbar, doch illustriert der methodische Konstruktionsprozess die Möglichkeiten der Methodik am geeignetsten.

Eine der wesentlichen Innovationsbereiche des smart war die drastische Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und Gewichts. Dieses sollte insbesondere erreicht werden durch den Einsatz innovativer Elemente im Antriebsmodul, die Verwendung von Leichtbaumaterialien und die Integration von Funktionen innerhalb der technischen Komponenten (siehe auch **Tabelle 7.1**). Das folgende Beispiel bezieht sich auf die Entwicklung und Konstruktion einer innenhochdruckgefügt Nockenwelle, um das Gewicht zu reduzieren und trotzdem die Funktionalität der Ventilsteuerung dauerhaft zu erfüllen.

Das Ablaufdiagramm zur Benutzung ist allgemein in **Bild 7.16** im Zusammenhang mit dem allgemeinen Konstruktionsprozess der Systemtheorie und des methodischen Konstruierens veranschaulicht. Im unteren Teil der Abbildung ist der Verlauf des Konstruktionsprozesses von rechts nach links dargestellt.

Der Prozess beginnt mit der Auswahl, welches dem Schritt der Problemanalyse und –formulierung entspricht. An dieser Stelle wird die Aufgabenstellung geklärt und spezifiziert.

Von diesem Punkt aus kann zu beliebigen Aufgaben des darunter liegenden Workflows gesprungen werden. Dieser Auswahlpunkt wird benötigt, um spätere iterative Schritte zu ermöglichen. Bei der ersten Anwendung wird man zunächst die Aktivität Recherche ausführen, welches der Synthese, respektive der Lösungsfindung entspricht.

Der darauf folgende Schritt ist mit Durchführung der Geschäftsprozesse bezeichnet. Dies stellt die Hauptaufgabe des Konstrukteurs im Konstruktionsprozess dar. Hier werden die Grundlagen für die folgenden Prozesse geschaffen. Die zuvor festgelegten Lösungen werden mathematisch-ingenieurwissenschaftlich untersucht. Dabei wird die Erfüllung der Anforderungen und Funktionen sichergestellt, sowie wesentliche Eigenschaften des zu entwickelnden Systems ermittelt.

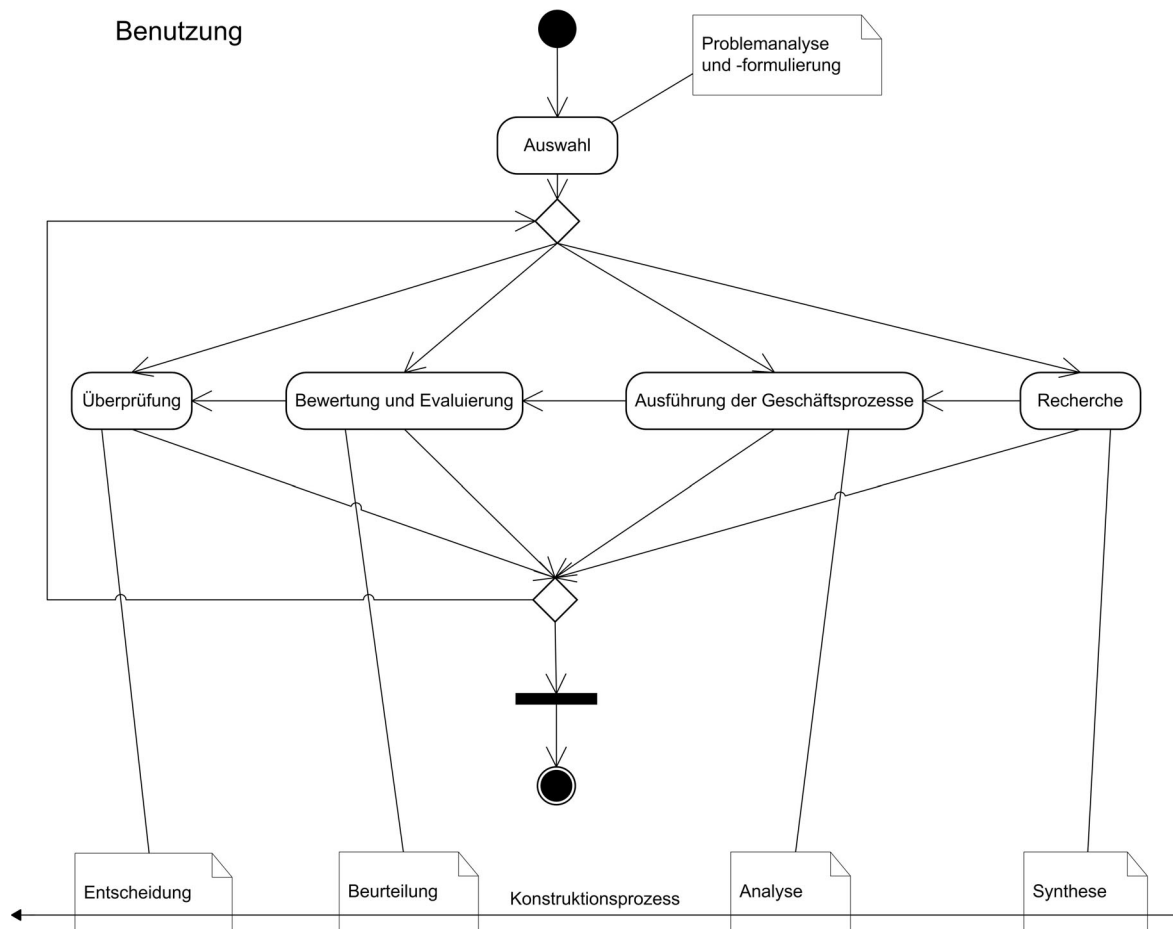


Bild 7.16: Workflow der Benutzung im Vergleich mit der Konstruktionsmethodik

Der Schritt der Bewertung und Evaluierung stellt den entsprechenden Prozess der Beurteilung und Bewertung einzelner Lösungen gegeneinander dar. In der Aktivität der Überprüfung wird auf Basis der vorliegenden Bewertungen eine Entscheidung für eine bestimmte Lösung getroffen.

Kann hier keine Entscheidung für eine bestimmte Lösung gefunden werden, so sind die Prozesskette oder Teile dieser Kette zu wiederholen. Dazu dient der bereits erwähnte Einsprungspunkt unterhalb der Aktivität Auswahl. Dadurch können ebenso Iterationsprozesse zwischen einzelnen Aktivitäten realisiert werden, wie sie in der Konstruktionsmethodik angezeigt sind.

7.6.1 Problemanalyse und –formulierung

Ein wesentliches Problem bei der Gestaltung des smart war die explizite Gewichtsreduzierung und die damit verbundene Reduktion des Verbrauches. Gerade in der Motor-Getriebeeinheit galt es dabei, das Gewicht erheblich zu reduzieren. Vom Leiter der Konstruktionsabteilung Motor-Getriebe wurden einzelne Teile separiert und diese zur Optimierung an verschiedene Konstrukteure weitergegeben.

Die für den Bereich der Nockenwelle definierte Formulierung gegenüber dem zuständigen Konstrukteur könnte somit wie folgt lauten:

Untersuchen Sie, durch welche Verfahren und Parameter sich das Gewicht der Nockenwelle für den 3-Zylinder CDI Motor verringern lässt und beeinflussen Sie dies konstruktiv.

Der Konstruktionsleiter hat somit die entsprechende Auswahl des Problems fertiggestellt und die Aufgabe gegenüber dem zuständigen Konstrukteur festgelegt.

7.6.2 Synthese

Die Aktivität Recherche umfasst die konstruktionsmethodischen Aufgaben der Synthese innerhalb des Konzeptes. Hierbei soll der Benutzer durch das Wissensmanagementsystem unterstützt werden. Neben den konventionellen Verfahren kann der Konstrukteur hier auf das in der Datenbank abgelegte Wissen zurückgreifen.

Die verschiedenen zur Anwendung kommenden Suchverfahren wurden bereits im Kapitel 4 vorgestellt. An dieser Stelle soll als Beispiel eine erweiterte Suche illustriert werden. Hierbei werden auch Zusammenhänge zwischen Objekten des Informationsmodells abgebildet. **Bild 7.17** stellt eine mögliche Abfrage der Wissensdatenbank zur Lösung der Fragestellung dar. Hierbei wird nach Wissensobjekten gesucht, welche direkt einem Produkt Nockenwelle zugeordnet sind. Diese sollen die Worte Fertigungsverfahren oder Herstellung in den Beschreibungsobjekten enthalten. Zusätzlich zu dieser Einschränkung wird die Abfrage auch noch durch die dem Wissensobjekt zugeordneten Klassen Konstruktion und Fertigung festgelegt.

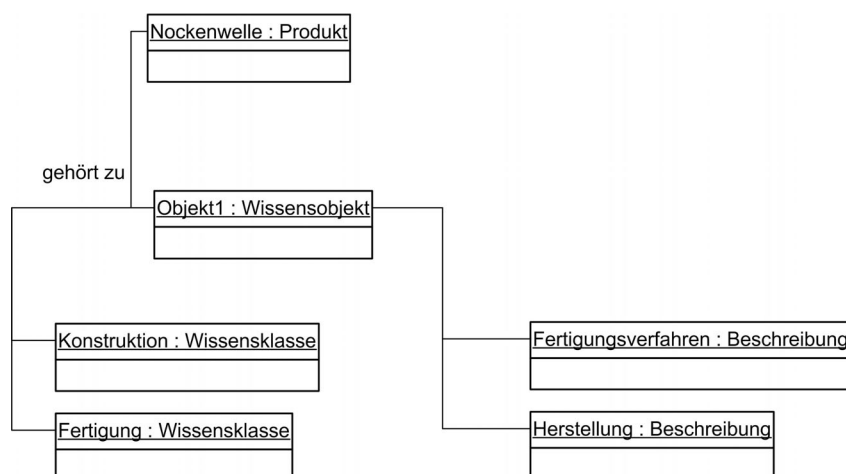


Bild 7.17: Beispielhafte Suchkriterien für eine Abfrage der Wissensdatenbank

Dies bedeutet, dass der Konstrukteur bereits bei der Festlegung seiner Abfrage eine Klassifizierung der betreffenden Wissensobjekte bestimmt. Diese Klassifizierung entspricht ebenfalls einem Wissensobjekt, nämlich der Zuordnung bestimmter Objekte zu bestimmten Wissensbereichen. Dieses Wissen stammt aus dem Erfahrungswissen des Konstrukteurs und sollte dementsprechend auch als Objekt oder Veränderung eines bestehenden Objektes mit in das System eingebunden werden.

Das Wissensmanagementsystem liefert die entsprechenden Ergebnisse der Abfrage an den Konstrukteur zurück. **Bild 7.18** stellt dabei nur einen kleinen Auszug aus den Ergebnissen dar. Neben der konventionellen Methode des Schmiedens von Nockenwellen werden ebenfalls Wissensobjekte zu den Verfahren des Gegendruckkokillengießens und des Innenhochdruckfügens angegeben.

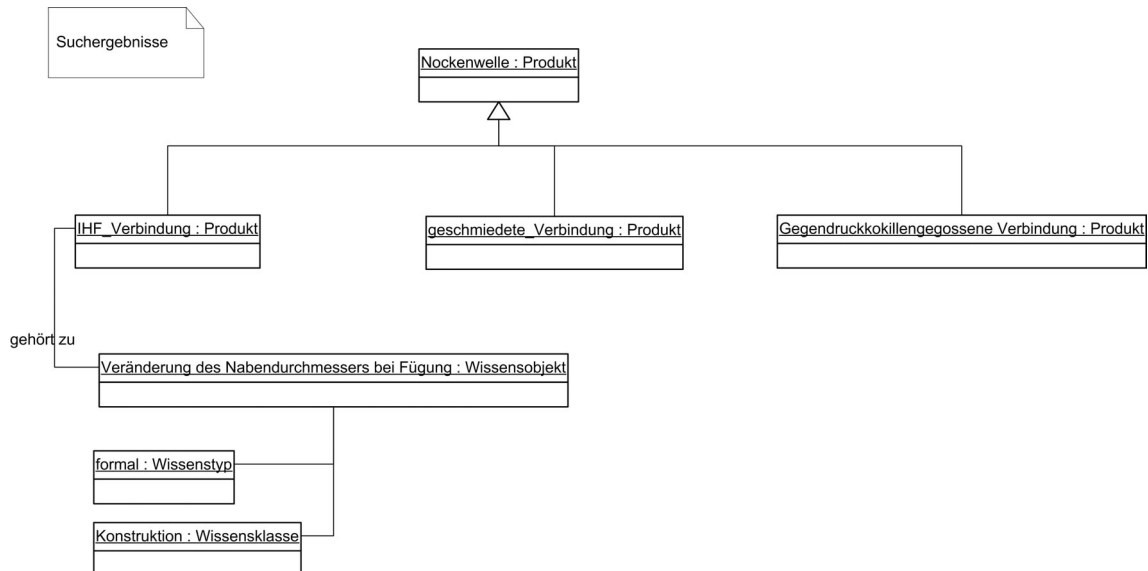


Bild 7.18: Auszug aus den Suchergebnissen

Zum IHF-Verfahren ist beispielhaft ein bereits bekanntes Wissensobjekt dargestellt. Wie aus der Abbildung zu erkennen, ist diesem Objekt nur die Klasse Konstruktion zugeordnet. Es obliegt nun dem Konstrukteur, die in seiner Abfrage verwendete Klasse Fertigung ebenfalls dem Objekt zuzuordnen beziehungsweise auf Grund bestimmter Überlegungen wegzulassen. Das Ergebnis dieser Überlegungen und die entsprechende (Nicht-)zuordnung stellt somit eine Wissenseingabe des Konstrukteurs als Ergebnis der Aktivität Klassifizierung dar.

Das Wissensmanagementsystem erlaubt es dem Konstrukteur gezielt kausal- und prozessorientiert die Aufgaben der Recherche innerhalb der Wissensdatenbank durchzuführen. Er wird dabei vom System in seinen Aufgaben unterstützt und liefert durch seine Ausführungen einen zusätzlichen Beitrag zum Wissensseintrag in die Wissensdatenbank.

7.6.3 Analyse

Die Analyse stellt in der Konstruktionsmethodik einen ersten, auch vorbereitenden Schritt zum Vergleich einzelner Lösungen dar. Nachdem im vorangegangenen Arbeitsschritt zunächst grundlegendes Wissen über die Herstellung und Fertigung unterschiedlicher Nockenwellen ermittelt wurde, wird nun die Grundlage für eine Vergleichbarkeit geschaffen. Dazu führt der Konstrukteur eine Funktionsanalyse des allgemeinen Systems Nockenwelle durch.

Die Ergebnisse dieser Analyse können vom Konstrukteur direkt im Wissensmanagementsystem abgelegt und bearbeitet werden, da die entsprechenden Objekte direkt vom Informationsmodell zur Verfügung gestellt werden können. Die Resultate des Analyseprozesses stellen somit entsprechend der Definition von Wissen ebenfalls einen Wissensseintrag in das System dar. Es handelt sich dabei um die Verknüpfung von Informationen mit den entsprechenden kognitiven Prozessen des Konstrukteurs zur Erfüllung des Zieles der Funktionskomposition. An dieser Stelle ist nicht nur eine reine Integrabilität des Konzeptes gewährleistet, sondern es wird eine direkte Unterstützung des Konstrukteurs in seinen Geschäftsprozessen ermöglicht.

Bild 7.19 zeigt das Ergebnis einer solchen Funktionsanalyse einer Nockenwelle. Die Funktionsstruktur ist hierarchisch aufgebaut. Die Nockenwelle hat die Hauptfunktion der Ventilsteuerung im Verbrennungsmotor. Diese Funktion ist aus zwei Unterfunktionen zusammengesetzt: Synchronisation der Kolben und Ventile sowie Öffnen und Schließen der Ventile. Zur Erfüllung der letzten Funktion ist es nötig, die Reaktionskräfte zu leiten und die Antriebsmomente in Ventilkräfte zu wandeln. Dies wird durch zwei weitere Funktionen erfüllt: Übertragung von Drehmoment und die geometrisch bestimmte Fixierung der Nocken auf der Welle. Zur Synchronisation der Kolben und Ventile wird ein Festsitz des Formschlussrades benötigt sowie ebenfalls die Fixierung der Nockenlage.

Die geometrisch bestimmte Fixierung der Nocken auf der Welle stellt somit einen wesentlichen Aspekt (Funktion) zur Erfüllung der Hauptfunktion Ventilsteuerung des Systems Nockenwelle dar. Diesem für herkömmlich hergestellte, somit geschmiedete, Nockenwellen relativ unscheinbaren Aspekt kommt erst bei der Betrachtung anders hergestellter Nockenwellen besondere Bedeutung zu.

Um einen Vergleich mit anderen Arten der Nockenwelle herstellen zu können, ist es somit von Bedeutung die allgemeinen Funktionen aus **Bild 7.19** mit speziellen Parametern, welche für jeden Nockenwellentyp unterschiedlich sind, erfüllen zu können. Dies bedeutet, dass diese Parameter im weiteren Verlauf explizit betrachtet werden müssen, um eine qualitative und vor allen Dingen quantitative Vergleichbarkeit gewährleisten zu können. Der Analyse dieser Parameter kommt somit eine explizite Bedeutung zu.

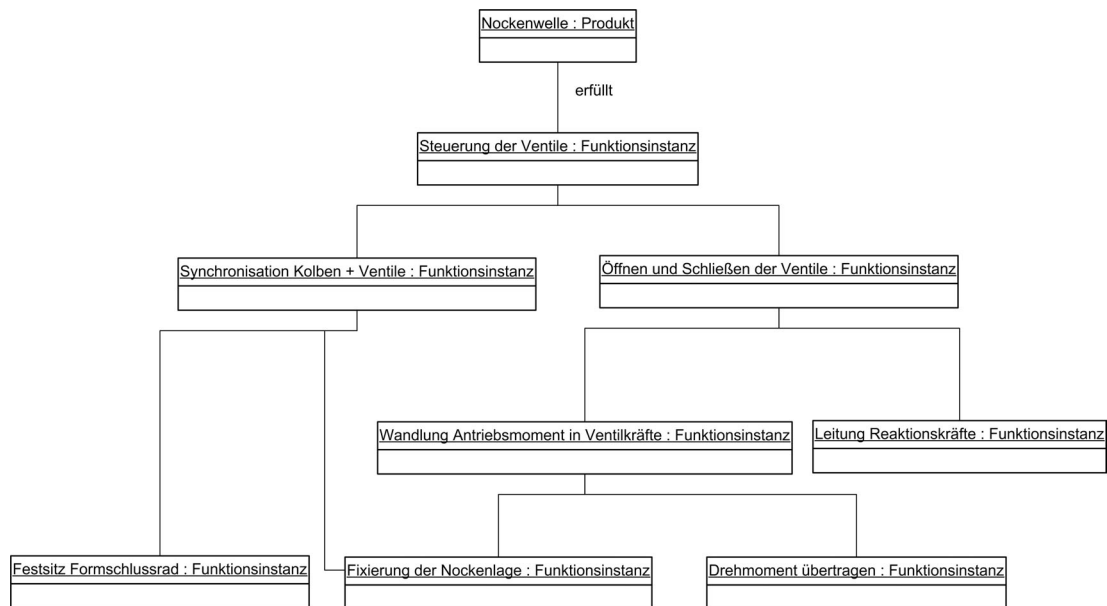


Bild 7.19: Funktionsanalyse einer Nockenwelle

In **Bild 7.20** ist das Ergebnis der Analyse eines Konstrukteurs der beeinflussen- den Parameter für eine innenhochdruckgefügte Nockenwelle dargestellt. Diese Parameter werden als direkte Eigenschaften des Produktes IHF_Verbindung im Wissensmanagementsystem abgelegt. Eine Klassifizierung erfolgt über die Ob- jekte der Klasse Eigenschaftsdefinition. In diesem Fall werden geometrische, werkstoff- und prozesstechnische Eigenschaften unterschieden.

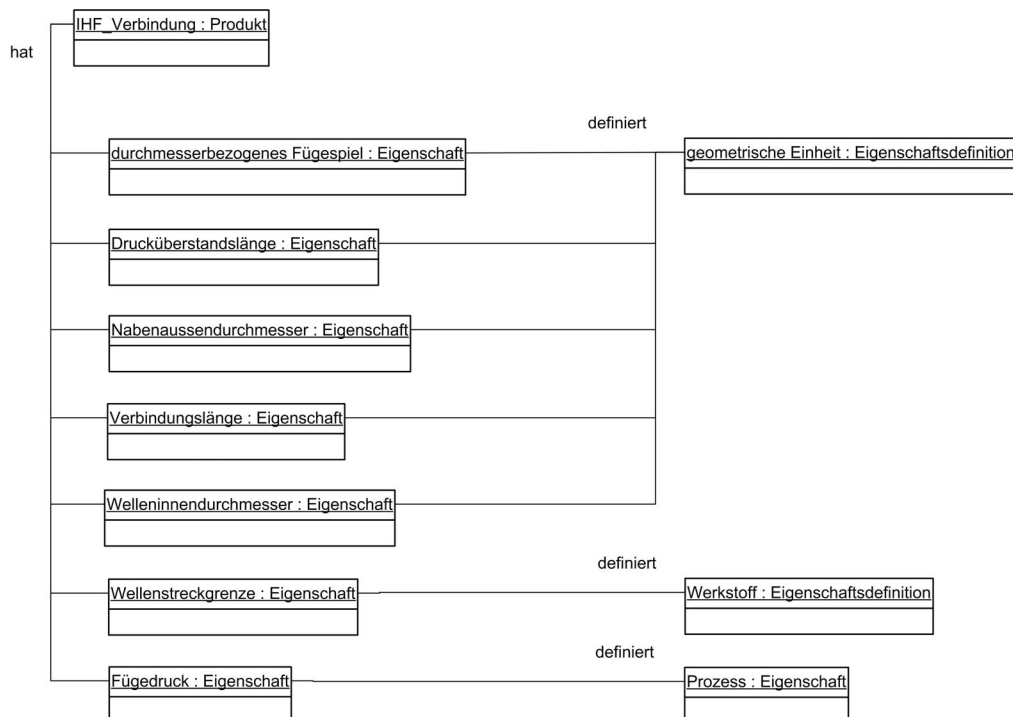


Bild 7.20: Parameteruntersuchung für die IHF-gefügte Nockenwelle

Die Definition und Festlegung der Parameter kann ebenfalls direkt im Wissensmanagementsystem vorgenommen werden. Jede der hier angegebenen Eigenschaften ist spezifisch für die innenhochdruckgefügteten Nockenwellen, wie zum Beispiel der Parameter Fügedruck erkennen lässt. Jeder dieser Parameter dient der Erfüllung der zuvor definierten Funktionen, in diesem Fall insbesondere der Festigkeit des Presssitzes, welcher die Funktion der geometrisch exakten Fixierung der Nocken ermöglicht. Die Parameter und die zugehörigen Untersuchungen der anderen Wellen werden entsprechend festgelegt.

7.6.4 Beurteilung und Entscheidung

In praxi werden bestimmte Parameter und deren Variationen vom Konstrukteur hinlänglich der Erfüllung der notwendigen Funktionen untersucht. Die entsprechende Variation und Anwendung verschiedener Eigenschaften ermöglicht eine Optimierung eines Systems hinsichtlich bestimmter Kriterien, ohne dabei die entsprechenden Funktionalitäten zu vernachlässigen. Ein Beispiel hierfür wäre die Entwicklung einer, durch die Auswahl expliziter Eigenschaften definierter, innenhochdruckgefügteten Nockenwelle.

Um das Gewichtseinsparpotenzial von innenhochdruckgefügteten Nockenwellen gegenüber gewöhnlichen Nockenwellen zu ermitteln, müssen entsprechende Wissensobjekte der Datenbank miteinander verglichen werden.

Das vorgestellte Konzept unterstützt diese Aktivität explizit in der Klasse der Produktevaluierung, welche in Kapitel 4 definiert wurde. Diese bietet die Möglichkeit, spezifische Teile des Produktwissens verschiedener Produkte beziehungsweise Systeme entsprechend bestimmter Kriterien miteinander zu vergleichen.

Durch eine gezielte Kombination von Wissensobjekten können solche Aufgaben explizit durchgeführt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass eine solche Evaluierung immer nur mit formalen Wissensobjekten möglich ist, denn nur auf solche Objekte können Algorithmen angewendet werden.

In **Bild 7.21** ist die Auswahl eines Konstrukteurs bezüglich bestimmter Parameter zweier möglicherweise zu verwendender Nockenwellen dargestellt. Es wird das normierte Widerstandsmoment, die normierte Querschnittsfläche und die Differenz beider Größen miteinander verglichen, um ein Bewertungskriterium für das Gewichtseinsparpotenzial einer Hohlwelle zu eruieren.

Die Normierung beider Parameter sowie die entsprechende Differenzbildung kann innerhalb des Wissensmanagementsystems erfolgen, da diese Eigenschaften formal abgelegt sind. Die Betrachtung der geschmiedeten Nockenwelle wird hier explizit durch die Normierung der Querschnittsfläche festgelegt, da hier der Innendurchmesser gleich Null ist. Die Vollwelle wird somit als Normierungsgrundlage für den Vergleich herangezogen.

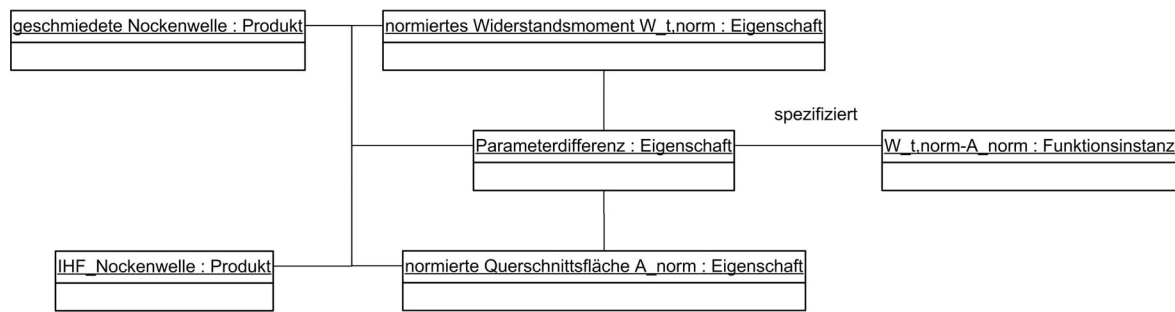


Bild 7.21: Exemplarische Parameterauswahl zur Evaluierung

Eine mögliche graphische Repräsentation des Evaluierungsergebnisses zeigt **Bild 7.22**. Es stellt die geforderten Abhängigkeiten der entsprechenden Kennzahlen gegenüber dem Wellendurchmesser Verhältnis dar. Sind die normierten Verhältnisse gleich Eins, entspricht dies der Vollwelle. Die Differenz der beiden normierten Kennzahlen stellt die Optimierungskurve für die Welle-Nabe-Verbindung dar.

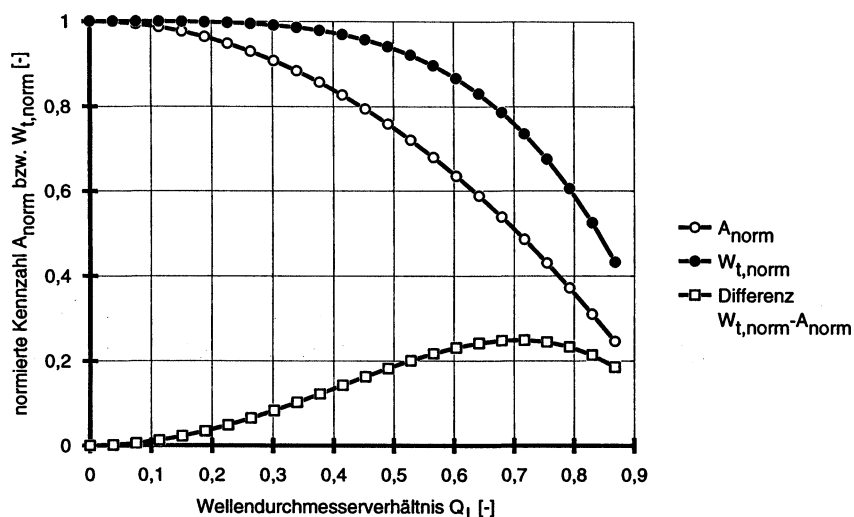


Bild 7.22: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Evaluierungsabfrage (aus [Garz 2001])

Der Konstrukteur kann auf dieser Grundlage nun eine Beurteilung vornehmen. Diese Beurteilung wird im System als Beurteilungsverhältnis festgehalten und stellt ebenfalls einen Eintrag als Wissensobjekt dar (**Bild 7.23**). Die Schlussfolgerung des Konstrukteurs ist im Sinne dieses Konzeptes das Ergebnis eines kognitiven Prozesses mit der Benutzung entsprechender Informationen aus der allgemeinen Wissensbasis.

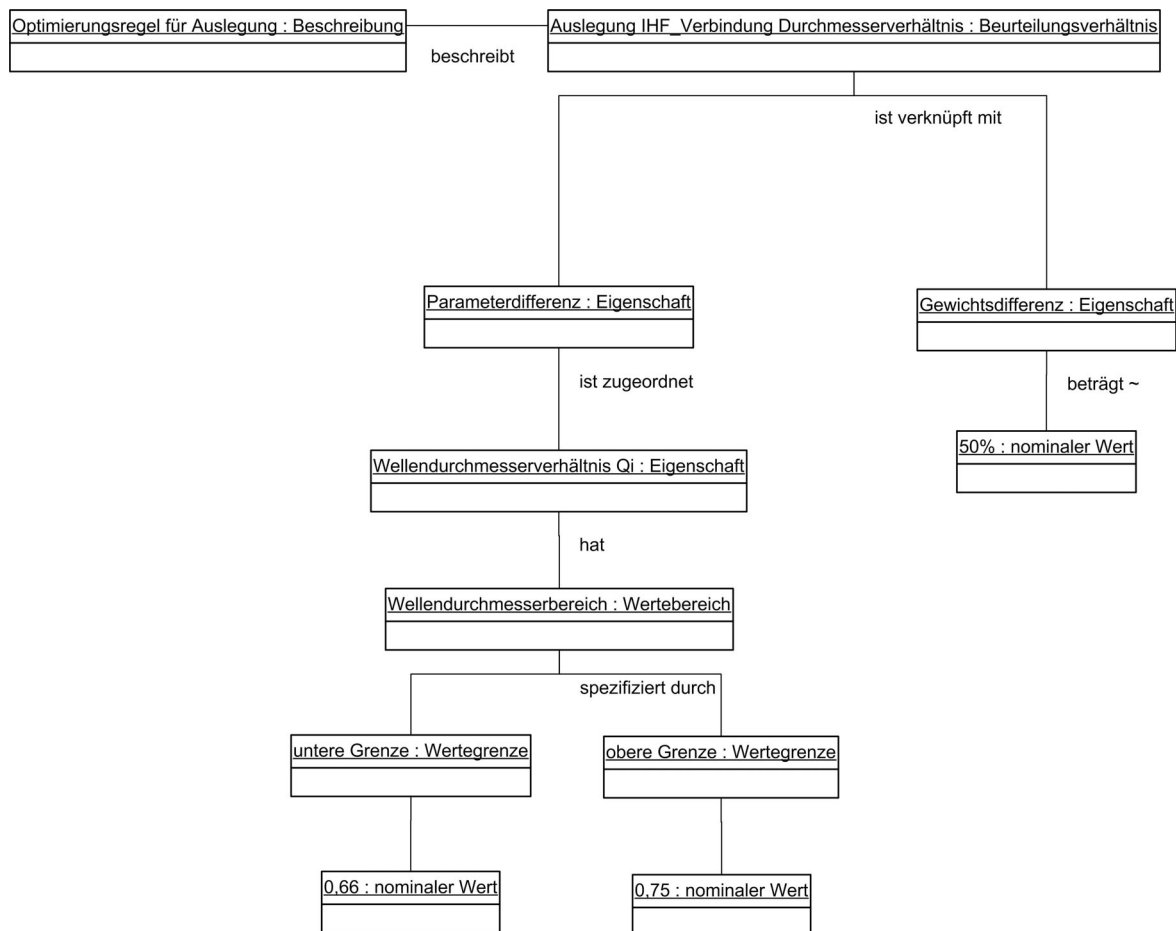


Bild 7.23: Beurteilung eines Evaluierungsergebnisses

Die Festlegung der Beurteilung als Beurteilungsverhältnis stellt die Verbindung zwischen bestimmten, resultierenden Parametern dar. In der Wissensdatenbank wird der Wertebereich des Wellendurchmesserverhältnisses, in welchem das Optimum zu finden ist, mit der erzielten Gewichtersparnis gegenüber einer Hohlwelle von ca. 50% in Verbindung gesetzt. In einem zusätzlichen Objekt der Klasse Beschreibung kann der Konstrukteur Gründe für die Beurteilung (Rechtfertigung) darlegen.

Durch die Möglichkeiten der Evaluierung und anschließenden Beurteilung kann somit eine Entscheidung im Sinne des Konstruktionsprozesses getroffen werden. Auf Grund einer möglichen Gewichtersparnis von 50% gegenüber herkömmlich hergestellten Nockenwellen soll im 3-Zylinder CDI Motor des smart eine innen-hochdruckgefügte Nockenwelle eingesetzt werden.

Der Konstrukteur wurde durch die explizite Benutzung des Wissensmanagementsystems im Konstruktionsprozess unterstützt. Das System kann zum Teil ohne bedeutenden Mehraufwand in die Geschäftsprozesse eingebunden oder sogar direkt zur Erfüllung eingesetzt werden.

Dieses Beispiel eines dedizierten Produktentwicklungsprozesses hat gezeigt, inwieweit die entwickelte Wissensmanagementmethodik, welche formal in Modellen und deren Beschreibungen festgehalten ist, in der Praxis eingesetzt werden kann und welche Vorteile daraus erwachsen.

7.7 Aspekte der Anwendung in der Konstruktion

Für den speziellen Anwendungsbereich der Konstruktion ergeben sich bestimmte, bedeutende Aspekte, welche im Folgenden diskutiert werden.

1. Unterstützung des Konstrukteurs in seinen Aufgaben

Die Unterstützung des Konstruktionsprozesses kann im Wesentlichen in die methodische Unterstützung und die Faktenunterstützung aufgeteilt werden.

Aus konzeptioneller Sicht betrachtet findet zunächst keine explizite methodische Unterstützung des Konstrukteurs statt. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass der Einsatz von Wissensmanagement zu einem hohen Maße für den Benutzer transparent, das heißt hier unmerklich in den Konstruktionsprozess integriert werden soll. Auf der Ebene der Anwendung, zu der innerhalb dieser Arbeit konkrete Vorschläge formuliert wurden, ist eine methodische Unterstützung jedoch möglich. Dabei ist nicht relevant, ob auf dem Datenmodell des Konzeptes implementiert wird, oder ob andere, eventuell bereits bestehende Systeme zum Einsatz kommen, welche über Schnittstellen mit dem Datenmodell verbunden werden.

Das Konzept bildet die Grundlage für die Implementation von Methoden der Produktentwicklung. Das Ziel kann und soll es sein, digitale, methodische Unterstützung des Konstrukteurs als Module eines solchen Wissensmanagementansatzes zu entwickeln und umzusetzen. Diese Möglichkeiten decken den gesamten Zyklus der Produktentwicklung ab.

Die ausgeweitete Definition und Spezifikation ermöglicht es dem Konstrukteur, ein softwaregestütztes Anforderungsmanagement über den gesamten Entwicklungszyklus durchzuführen. Durch die Einbindung von Änderungsmanagement ist es möglich, die Konsistenz und Änderungen von Anforderungen über die Projektlaufzeit zu verfolgen (engl.: Requirements Traceability). Das unterliegende Produktspezifikationsmodell erlaubt es ebenfalls, gemeinsame Struktur- und Funktionsanalysen von Produkten durchzuführen (siehe Anhang D: UML Struktur). Intuitive und diskursive Lösungsfindungsmethoden können dabei ähnlich spezifiziert werden. Im Sinne einer methodischen Entscheidungsunterstützung kann der Konstrukteur auf die Wissensbasis zugreifen und dies als Teil der Grundlage seiner Entscheidungen verwenden. Der Bewertung kommt in diesem Konzept ebenfalls mehr Bedeutung zu, als es in klassischen Konstruktionsmethodiken vorgesehen ist. Die explizite Unterstützung von Entscheidungen und Bewertungen unterstützt den Konstrukteur in der Dokumentation solcher Tätigkeiten. Die dabei erfasste Ratio des Konstrukteurs kann als Wissensobjekt in Folge für andere Personen der Produktentwicklung von besonderer Bedeutung sein und deren Entscheidungen unterstützen.

Die Faktenunterstützung des Konstrukteurs wird explizit ermöglicht durch die Speicherung von Daten und Informationen (Fakten) in dem unterliegenden Datenmodell. Diese werden als Wissensobjekte vernetzt abgelegt, klassifiziert und typisiert. Das umfassende Produktspezifikationsmodell kann dabei einen Großteil der Konstruktionsdaten direkt aufnehmen. Durch so genannte Unterstützungsobjekte ist es möglich explizit ein Veränderungs- beziehungsweise Konfigurationsmanagement durchzuführen. Die Ergebnisse von Konstruktionsprozessen werden ebenfalls als Wissensobjekte abgespeichert.

Somit ist es möglich, das in der Wissensdatenbank gespeicherte Wissen und die Fakten wiederzuverwenden. Unterstützt durch Klassifizierungen und Strukturen erlauben effiziente Suchmöglichkeiten die schnelle und gezielte Auffindbarkeit solcher Objekte. Eine Faktenunterstützung durch Verwendung vorhandenen Wissens und Informationen ist somit gegeben.

2. Einschränkung der Freiheit und Innovationsfähigkeit des Konstrukteurs im Produktentwicklungsprozess

Die hier vorgestellte Methodik soll ein Hilfsmittel für alle potenziellen Benutzer innerhalb eines erweiterten Unternehmens darstellen. Dies gilt insbesondere auch für den Produktentwicklungsprozess, in den der Konstrukteur eingebunden ist. Sie soll dahin gehend angewendet werden, die Geschäftsprozesse der Benutzer zu unterstützen und soll sie nicht ersetzen. Dies wurde durch die hohe Integrabilität des Konzeptes gewährleistet. Solange der Konstrukteur dies als ein Mittel zur Unterstützung seines kreativen Produktentwicklungsprozesses einsetzt, werden diese Anforderungen voll erfüllt sein. Wird er sich nur auf ein solches System verlassen, so ist es nicht das System, sondern er selbst, der seine Innovationsbereitschaft in der Produktentwicklung einschränkt.

3. Benutzbarkeit des Systems in Abhängigkeit von den Inhalten der Wissensdatenbank

Der effektive Einsatz des Wissensmanagementsystems hängt bedeutend von der Qualität und Quantität der Inhalte der zu Grunde liegenden Wissensbasis ab. Die Qualität der Wissensbeiträge wird durch verschiedene Aktivitäten, die zum Teil aus dem klassischen Qualitätsmanagement bekannt sind, wie zum Beispiel Überprüfung und Bewertung, explizit in der Methodik unterstützt. Die Quantität der Beiträge hängt bedeutend von dem Einführungskonzept des Hauptwissensmanagers und der Motivation der Mitarbeiter ab sowie von der einfachen Benutzbarkeit und Integrabilität des Systems. Den beiden zuletzt genannten Faktoren wurde in der Methodik Rechnung getragen, die ersten sind jedoch durch ein solches Konzept nicht beeinflussbar.

7.8 Validierung des Konzeptes

Das in dieser Arbeit vorgestellte Wissensmanagementkonzept für die Produktentwicklung stellt eine sehr umfassende Methodik dar. Die vollständige Überprüfung der Methodik bedarf eines realen industriellen Einsatzes in einem erweiterten Unternehmen. Daher konnte im Rahmen dieser Arbeit eine solche Validierung nicht explizit durchgeführt werden.

In den vorangegangenen Beispielen dieses Kapitels wurde die industrielle Anwendbarkeit an dem konkreten Fall der Entwicklung einer innenhochdruckgefügt Nockenwelle bis ins Detail dargestellt. Diese Arbeit fußt auch auf den Arbeiten des Autors innerhalb von drei verschiedenen Forschungsprojekten in den Bereichen Wissensmanagement und Systems Engineering

- KARE: Knowledge Acquisition and Sharing for Requirement Engineering,
- SEDRES-2: Systems Engineering Data Representation and Exchange Standardisation 2
- PRIME: Product Integrated Knowledge Management for the Extended Enterprise

Innerhalb dieser Forschungsprojekte sind und werden Validierungen von Teilen des Gesamtkonzeptes in den Bereichen Wissensmanagementansatz durchgeführt. Diese werden im Folgenden beschrieben und deren Ergebnisse, soweit sie für diese Arbeit von Bedeutung sind, vorgestellt. Auf das in Kapitel 6 festgelegte Modell des erweiterten Unternehmens wird hier nicht eingegangen, da es sich dabei nur um den für den Wissensmanagementansatz wesentlichen Teil der Repräsentation eines solchen Unternehmens handelt.

7.8.1 Wissensmanagementmodell

In den Projekten KARE [HeJu 1998] und PRIME [DüKa 2002] wurden Teilvalidierungen des Wissensmanagementansatzes durchgeführt. Die relevanten Aspekte werden im Folgenden diskutiert.

Im Rahmen des KARE Projektes wurden zwei verschiedene Validierungsszenarien durchgeführt [Volp 2001]:

1. Das erste Szenario basiert auf einem industriellen Anwendungsfall der Firma TTM und sollte die Anwendbarkeit des Wissensmanagementansatzes nachweisen.
2. Das zweite Szenario bezieht sich auf die Funktionalitäten des unterliegenden Produktbeschreibungsmodells und die Zusammenarbeit zwischen Kunde und Anbieter. Dies stellt in gewisser Weise eine Überlappung mit dem Validie-

rungsszenario 2 des SEDRES-2 Projektes dar, da hier im Wesentlichen die Funktionalität des Produktbeschreibungsmodells überprüft wird. Dies wird detailliert im folgenden Absatz erläutert.

Die Kriterien, gegen die der KARE-Ansatz im ersten Szenario validiert werden sollte, sind [Loeu 2001]:

1. Überprüfung der Funktionalitäten des Wissensmanagementansatzes
2. Überprüfung der Methodik, ob das gleichzeitige und konsistente Management von Wissen und Anforderungen unterstützt wird
3. Überprüfung der softwaretechnischen Umsetzung
4. Überprüfung der Anwendbarkeit in realem, industriellem Kontext

Das Validierungsszenario basiert auf einer Kunden-Anbieter Beziehung. Dabei tritt die Firma TTM in diesem Zusammenhang als Kunde und die Firma Arthur Andersen als Anbieter auf. Im ersten Schritt erfasst der Anbieter die Kundenanforderungen zusammen mit den Experten des Kunden. Dies wurde mit der Anforderungsmanagementsoftware DoorsTM durchgeführt. Auf dieser Grundlage wird von dem Anbieter eine Risikoanalyse und eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Im zweiten Schritt werden die Kundenanforderungen mit der Software *demanda2* formalisiert und analysiert, um mit den Ergebnissen der Risikoanalyse in Zusammenhang gebracht zu werden. Das Ergebnis dieser Analyse stellt im dritten Schritt die Findung einer entsprechenden Lösung dar, die Dekomposition in Unterfunktionen und Teilkomponenten. Dazu wurde die Wissensmanagementsoftware WisdomTM benutzt, welches eine von Arthur Andersen verwendete kommerzielle Wissensmanagementsoftware ist, die im Wesentlichen auf der Verwendung von Entscheidungstabellen beruht.

Die Ergebnisse der Validierung lieferten wichtige Hinweise für eine Weiterentwicklung und Verbesserung eines strategischen Wissensmanagementansatzes basierend auf einem monolithischen Wissensmanagementmodell. Diese sind als Anforderungen an einen solchen Ansatz in die aktuelle Arbeit eingeflossen.

Die resultierenden, wesentlichen Weiterentwicklungsaspekte sind:

- Möglichkeit der Konsistenz- und Vollständigkeitsüberprüfung durch das Datenmodell
- Ersetzen oder ändern der vollständigen, aufwändigen Formalisierung von Anforderungs- und Wissensobjekten durch andere Repräsentationsformen
- Vereinfachung der Mensch-Maschine Schnittstelle und Minimierung des Bearbeitungsaufwandes
- Verbesserung der Verknüpfung von Wissensobjekten mit Systemobjekten

- Weitere Validierung der Methodik im industriellen Kontext
- Weiterentwicklung und Beeinflussung des zu Grunde liegenden Standards AP233 (entspricht aktuell dem PAS 20542)

Das Forschungsprojekt PRIME ist das aktuellste der hier erwähnten drei Projekte mit Validierungsbezug zur vorliegenden Arbeit. Der Autor hat innerhalb dieses Projektes den Wissensmanagementansatz entwickelt. Das Wissensmanagementkonzept dieser Arbeit stellt eine weitreichende, kontinuierliche Weiterentwicklung des im Projekt verwendeten Konzeptes dar. Diese Weiterentwicklung beruht auf den im Projekt gemachten Erfahrungen des Autors unter Einbeziehung der daraus resultierten Entwicklungsanforderungen.

Die Validierung des PRIME Wissensmanagementkonzeptes wird zur Zeit der Fertigstellung dieser Arbeit gerade durchgeführt. Daher werden im Folgenden die Validierungsszenarien kurz beschrieben und erste Ergebnisse vorgestellt.

Die wesentlichen Validierungskriterien sind:

1. Erlaubt die Methodik den unternehmensübergreifenden Wissensmanagementansatz?
2. Wird eine Abbildung von erweiterten Unternehmen unterstützt?
3. Unterstützt die Methodik den produktlebenszyklusübergreifenden Einsatz von Wissensmanagement?
4. Entspricht die softwaretechnische Umsetzung dem Konzept?
5. Erlaubt das Modell einen variablen und adaptiven Einsatz im industriellen Umfeld?

Zur Durchführung der Validierung wurden von den Industriepartnern des Projektes drei verschiedene industrielle Anwendungsfälle ausgearbeitet, an denen das Konzept überprüft werden soll.

- Anwendungsfall 1 (EADS CCR Frankreich): *Frühe Entwicklungsphase Airbus*
Dieser Fall bezieht sich auf die konzeptionelle Entwicklung eines Airbus. Die prototypische Systemlösung wird mit den Marktanforderungen, wie zum Beispiel Reichweite, Treibstoffverbrauch oder Leistung, verglichen. Auf dieser Grundlage werden Entscheidungen über Motor und Gehäuse getroffen, welche in der Folge von Unterauftragnehmern gefertigt und geliefert werden sollen. Diese Firmen werden in das Szenario mit einbezogen. Die weitere Spezifikation dieser Teilsysteme wird dann mit Hilfe des Systems von EADS verifiziert und zertifiziert.
- Anwendungsfall 2 (MBES, England): *Nirvana Luft Kompressor*
Der von MBES hergestellte Luftkompressor stellt einen der ersten mit variabler Geschwindigkeit betriebenen Kompressoren dar, der einen hohen Wirkungs-

grad (95%) realisiert. Der Anwendungsfall bezieht sich auf die Produktlebenszyklusphasen der Produktion, Zusammenbau, Auslieferung, Inbetriebnahme und Wartung. Ziel dieses Anwendungsfalles ist es, das während der Ausführung dieser Aktivitäten gewonnene Wissen zu erfassen, aufzubereiten und gezielt an die Konstruktion zur Verbesserung des Gesamtsystems weiterzuleiten.

- Anwendungsfall 3 (Stöbich, Deutschland): *Rauchschutzhvorhang SUPERCOIL*
Der von der Firma Stöbich produzierte Rauchschutzhvorhang wird als Teil eines intelligenten und ökonomischen Einsatzes von Rauchschutzhkontrollkonzepten gesehen. In den Phasen der Produktion, Installation und während der Betriebsphase soll das Produktwissen der Fertigung, Montage und des Kunden erfasst und an die Konstruktion weitergegeben werden.

Diese Anwendungsfälle zeigen zum einen den direkten industriellen Bedarf, zum anderen wird explizit der Einsatz von Wissensmanagement zwischen Unternehmen sowie über den gesamten Produktlebenszyklus gefordert. Während der Durchführung der Validierung werden auch die Partner, Unterauftragnehmer und Kunden eingebunden.

Zur Zeit wird das Konzept im Rahmen des Projektes PRIME von der Firma Atos Origin, Spanien, als Softwareprototyp umgesetzt. Es ist zu beachten, dass bis zum jetzigen Zeitpunkt bei weitem nicht alle erforderlichen Funktionalitäten entwickelt worden sind.

In Teilen umgesetzt sind bislang:

- Abbildung von erweiterten Unternehmen inklusive der Rollen und Authentifizierungsmechanismen
- Eingabe eines Wissensmanagementplans und Zuordnung weiterer Rollen
- Eingabe informalen und quasiformalen Wissens
- Grundlegendes Konstrukt zur Formalisierung informaler Wissensobjekte
- Freitextsuche und erweiterte Suche
- Generation von Evaluationsberichten mit vordefinierten Suchalgorithmen

Im Anhang E ist beispielhaft eine Übersicht über die bislang realisierten Funktionalitäten und Oberflächen anhand von Screenshots dargestellt.

Bis zu einer sinnvollen, nicht vollständigen, Umsetzung fehlen nach Ansicht des Autors mindestens die folgenden wesentlichen Elemente:

- Vollständige Implementation der Datenmodelle, insbesondere Elemente zur Unterstützung der Methodik, wie zum Beispiel des Versionsmanagements, Prozessabbildungen und ein vollständiges Produktbeschreibungsmodell
- Klare Abbildung der Wissensmanagementprozesse als Workflows

- Explizite Integration der Produktlebenszyklusphasen
- Funktionale Umsetzung aller Suchalgorithmen
- Möglichkeiten zur Betrachtung fremder Dateiformate, wie zum Beispiel akustisch/visueller Wissensobjekte

Die unvollständige Implementierung schränkt die vollständige Validierung des Konzepts durch die Durchführung der Anwendungsfälle erheblich ein. Dennoch sind während der ersten Validierungsphasen Ergebnisse erzielt worden, welche Rückschlüsse auf die Methodik zulassen:

- Das vorliegende Konzept erlaubt explizit den unternehmensübergreifenden Wissensmanagementeinsatz und unterstützt dies durch die Festlegung bestimmter Rollen und die Definition von Authentifizierungsmechanismen. Durch entsprechende Suchfunktionen kann auf das Wissen unternehmensübergreifend zugegriffen werden.
- Das Modell des erweiterten Unternehmens und alle Rollen wurden bereits in der Software abgebildet und sind funktional. Ein erweitertes Unternehmen kann vollständig dargestellt und verwendet werden.
- Die Interpretation des softwareentwickelnden Unternehmens in Bezug auf Unterstützung des Produktlebenszyklus weicht stark von der Definition durch den Autor ab. Wesentliche Unterstützungselemente, wie zum Beispiel Konfigurationsmanagement, Versionsmanagement, eindeutige Bezeichner sowie explizite Abbildung des Lebenszyklus sind bislang nicht umgesetzt. Daher ist in der Validierung keine direkte Unterstützung des produktlebenszyklusübergreifenden Wissensmanagementeinsatzes gewährleistet, obwohl das Konzept alle benötigten Klassen zur Verfügung stellt.
- Den obigen Ausführungen entsprechend ist das Konzept in Bezug auf Vollständigkeit und Konsistenz nicht in der Software implementiert.
- Das Konzept erlaubt durchaus einen variablen und adaptiven Einsatz im industriellen Umfeld, da bei der Entwicklung insbesondere auf die Integrabilität und die Möglichkeit der kundenspezifischen Anpassung Wert gelegt wurde.

Die Validierung des Wissensmanagementkonzeptes im Rahmen des PRIME Projektes entspricht auf Grund mangelnder Umsetzung in der Software nicht den Anforderungen des Autors. Jedoch sind die ersten Ergebnisse im Bezug auf Unterstützung von erweiterten Unternehmen und den unternehmensübergreifenden Einsatz vielversprechend.

7.8.2 Produktbeschreibungsmodell

Das hier vorgestellte Produktbeschreibungsmodell wurde von dem Systems Engineering Datenmodell auf STEP Basis (PAS 20542) abgeleitet und an die Anforderungen dieses Wissensmanagementansatzes angepasst. Der Autor hat an der Entwicklung dieses defacto-Standards im Rahmen des SEDRES-2 Projektes aktiv mitgewirkt. Innerhalb des Projektes wurde das entsprechende Datenmodell gegen folgende Kriterien validiert:

1. Das Datenmodell unterstützt reale Systems Engineering Anwendungsfälle
2. Der Gültigkeitsbereich des Datenmodells ist nicht zu eingeschränkt um für Systems Engineering von Bedeutung zu sein
3. Das Datenmodell hat ausreichenden softwaretechnischen Bezug
4. Das Datenmodell ist nicht zu komplex für eine Integration
5. Die Architektur ist konform mit den modularen STEP Aktivitäten

[Herz 2004] beurteilt die Beantwortung dieser Fragen positiv.

Von wesentlicher Bedeutung für eine Umsetzung ist jedoch die Validierung in realen Anwendungsfällen. Innerhalb des Projektes wurde eine Validierung des Modells an zwei verschiedenen Industrieszenarien in realistischen Projekten durchgeführt.

Das erste Validierungsszenario stammt aus dem Umfeld der Eurofighter Entwicklung und bezog sich auf das Flugzeugfahrwerk. Im Rahmen einer Entwickler-Unterauftragsnehmer-Beziehung wurde der Datenaustausch zwischen verschiedenen Softwarewerkzeugen, welche dieselben Konstruktionsaktivitäten unterstützen, auf Basis des Produktmodells untersucht. Es wurden zwischen zwei verschiedenen Funktionsanalysesystemen, Teamwork und Statemate, welche von EADS Deutschland und BAE Systems benutzt wurden, Daten über das Datenmodell ausgetauscht. Innerhalb dieses Szenarios wurde festgestellt, dass das Datenmodell angemessene Strukturen für beide Softwaresysteme zur Verfügung stellt, um Daten unabhängig voneinander lesen und schreiben zu können ohne dass ein Datenverlust auftrat. Es traten leichte Probleme in der graphischen Repräsentation der Software auf. Zudem wurden durch Statemate deutlich mehr Datentypen unterstützt. Diese Datentypen können somit nicht in Teamwork repräsentiert werden. Diese Probleme sind jedoch systemabhängig und lassen keine Rückschlüsse auf die Qualität des Datenmodells zu.

Das zweite Validierungsszenario ist aus der Raumfahrttechnik, der Entwicklung eines ATV (Automated Transfer Vehicle, ein in der Entwicklung stehendes Raumfahrzeug, welches automatisiert Güter und Personen von der Erde zur ISS (International Space Station) und zurück transportieren soll). In diesem Rahmen

sollte untersucht werden, inwieweit Daten aus verschiedenen Produktlebenszyklusphasen zwischen unterschiedlichen Softwarewerkzeugen ausgetauscht werden können.

EADS LV (Frankreich) stellte dabei den Hauptkontraktor innerhalb des Szenarios dar, welcher verantwortlich für die Erfassung von Anforderungen und die Durchführung der Funktionsanalyse war. Diese Prozesse wurden in den Systemen Lab-Sys (Anforderungserfassungswerkzeug von EADS) und StP (Software through Pictures) durchgeführt. Das Institut für Maschinenwesen agierte als Unterauftragnehmer, der in der Verantwortung war entsprechende Systemkomponenten zu identifizieren und Anforderungen und Funktionalitäten den entsprechenden Komponenten zuzuordnen. Dies wurde in dem Anforderungsformalisierungswerkzeug *demanda2* durchgeführt. Dabei stellt die Benutzung dieser Software eine Besonderheit dar. Zum einen wurde die Software explizit für die Anwendung in den Projekten KARE und SEDRES-2 entwickelt. Zum anderen setzt diese Software vollständig auf dem PAS20542 auf. Dies bedeutet, mit dieser Software konnten sämtliche Objekte des Produktdatenmodells benutzt und instanziiert werden. Deshalb war es möglich, neben den reinen Anforderungsformisierungsaufgaben auch alle anderen Aktionen auf dem Datenmodell auszuführen, wie in diesem Szenario die Verknüpfung von Funktionen und Anforderungen zu den entsprechenden Systemkomponenten. Alenia führte mit dem Anforderungswerkzeug DoorsTM eine Qualitätsüberprüfung der Zuordnungen zwischen Systemkomponenten, Anforderungen und Funktionen durch. Somit konnte eine Nachverfolgbarkeit der Zusammenhänge gewährleistet werden.

Die große Überlappung der Funktionalitäten der vier Softwaresysteme gewährleistete einen verlustlosen Datenaustausch. Der Nachweis der Unterstützung von Anforderungen, Funktionen, Systemkomponenten und deren Zusammenhänge untereinander durch das Produktdatenmodell konnte erbracht werden.

Die Ergebnisse der Validierung des Produktbeschreibungmodells lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Datenaustausch wurde mit insgesamt sechs verschiedenen Softwaresystemen durchgeführt, welche verschiedene Anwendungsbereiche abdecken.
- Die praktische Anwendbarkeit des Modells wurde in realen, industriellen Anwendungsfällen nachgewiesen.
- Bei der Implementierung der Schnittstellen zu den Softwaresystemen konnte festgestellt werden, dass die semantischen Integritätsbedingungen des Modells oftmals Inkonsistenzen in den Konstruktionsdaten besser aufdeckten als die Konsistenzprüfungen der Softwaresysteme selbst.

Obwohl nicht alle Bereiche des Produktbeschreibungsmodells überprüft werden konnten, kann von einer durchweg positiven Überprüfung der Anforderungen in diesen Bereichen gesprochen werden.

Die im Rahmen der drei Forschungsprojekte durchgeführten Validierungen an industriellen Szenarien konnten das vorliegende Konzept in Teilbereichen überprüfen und bestätigen. Eine vollständige Validierung ist durch die mangelnde Umsetzung in der jetzigen Software im Rahmen des PRIME Projektes noch nicht möglich. Die definitive Vermarktungsabsicht des Softwareherstellers Atos Origin lässt jedoch auf ein gesteigertes Interesse an einer baldigen marktreifen Umsetzung schließen.

8 Zusammenfassung

Der Einsatz von Wissensmanagement in Unternehmen gewinnt in den letzten Jahren vermehrt an Bedeutung. Die aktuellen Anwendungsfälle in der Industrie beschränken sich zumeist auf sehr spezielle Aufgaben und Bereiche, deren Lösung oft mit „klassischen“ Wissensrepräsentationen wie neuronalen Netzen oder der Hinterlegung von festen Regeln einhergehen.

Dieser Ansatz der „Bottom-Up-Entwicklung“ und Integration von solchen Systemen steht jedoch in starkem Widerspruch zur Tendenz gemeinsam über Abteilungs- und Unternehmensgrenzen hinaus Produkte zu entwickeln, vermarkten und auszubeuten. Die mangelnde Interoperabilität expliziter Wissensmanagementlösungen im industriellen Einsatz lässt eine Lösung auf dieser Basis nicht zu, da eine unternehmensübergreifende Anwendung durch die Nativität verhindert wird. Es sind somit bislang noch keine realen Ansätze vorhanden, ein Wissensmanagementkonzept über die Grenzen von Unternehmen hinaus auszudehnen und gleichzeitig alle Bereiche eines erweiterten Unternehmens abzudecken.

Im Zuge des Wandels von Unternehmen hin zu vollständig wissensbasierten Institutionen, deren Kapital das Wissen ihrer Mitglieder ist, ist die Umsetzung eines solchen Konzeptes unumgänglich, um den übergreifenden Einsatz effektiv zu ermöglichen. Das Hauptziel dieser Arbeit wurde somit definiert als „Spezifikation eines industriell praktikablen Produktwissensmanagementsystems für ein den Produktlebenszyklus übergreifenden Einsatz in erweiterten Unternehmen“.

Die Erstellung eines Konzeptes zur Umsetzung in einem solchen Kontext stellt besondere Anforderungen. Zum einen muss es möglich sein, die Geschäftsprozesse aller Mitglieder eines erweiterten Unternehmens zu unterstützen, beziehungsweise diese einbinden zu können. Dies wurde durch die holistische Betrachtungs- und Modellierungsweise umgesetzt. Zum anderen darf das Konzept nicht zu abstrakt sein, um eine konkrete Anwendbarkeit zu ermöglichen. Dies wurde durch Definition von verschiedenen Abstraktionsebenen und den Einsatz dedizierter Rollen ermöglicht, welche das Konzept für spezielle Anwendungen adaptierbar macht.

Um eine Integrabilität und Interoperabilität zwischen einzelnen Einheiten und Prozessen über Unternehmensgrenzen hinweg gewährleisten zu können, wurde eine „Top-Down-Entwicklung“ der Methodik als so genannte Wissensmanagementpyramide eingeführt.

An der Spitze der Wissensmanagementpyramide steht die Definition von Kernbegriffen des Wissensmanagement für den industriellen Einsatz. Die Festlegung dieser Begriffe und Objekte erlaubt eine stets eindeutige Interpretation des Konzeptes und somit eine konsistente Sicht auf das System.

In einer zweiten darunter liegenden Schicht wurde ein Produktwissensmetamodell entwickelt. Dadurch können die Parameter eines Produktes (Funktionen, Eigenschaften, Anforderungen, Kosten), somit die Produktspezifikation, mit den Prozessen innerhalb des (erweiterten) Unternehmens und den zugehörigen Wissensmanagementprozessen und –ansätzen verknüpft werden.

In der dritten Schicht liegen die so genannten Spezifikationsmodelle für die drei Bereiche Wissensmanagement, erweitertes Unternehmen und Produktdatenspezifikation. Diese wurden ausführlich in jeweils einem Kapitel in der Modellierungssprache UML festgelegt und textuell beschrieben.

Im Produktwissensmanagementmodell wurden die Konzepte zum Umgang mit Wissen und die Definition der Kernrollen zur Ausführung der Wissensmanagementaufgaben festgelegt. Neben der Festlegung der Wissensmanagementaktivitäten wurden hier auch die Produktengineeringaktivitäten beschrieben und festgelegt. Dabei handelt es sich um alle Prozesse, die im Bezug auf ein bestimmtes Produkt ausgeführt werden. Dies wird benötigt um bestimmte Geschäftsprozesse auch explizit unterstützen zu können. Hierbei wurde insbesondere auf Integration der allgemeinen Konstruktionsmethodik nach VDI 2221 und den Systems Engineering Ansatz Wert gelegt.

Im Produktbeschreibungsmodell wurde die Spezifikation eines Produktes anhand aller entsprechenden Parameter durchgeführt. Die Produktbeschreibung wurde von einem etablierten, auf STEP basierenden ISO Standard für Systems Engineering abgeleitet. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit der industriellen Implementierbarkeit und hat weiterhin den Vorteil, dass dieses Modell bereits in industriellen Anwendungsszenarien erfolgreich erprobt und validiert werden konnte.

Im Modell des erweiterten Unternehmens wurde die Struktur einer solchen Institution abgebildet. Es verknüpft die Rollen von Personen innerhalb des Unternehmens mit den Rollen des Wissensmanagementansatzes. Weiterhin wurde ein grundlegendes Konstrukt zum Schutz des geistigen Eigentums (hier: des Wissens) innerhalb einer solchen Unternehmensstruktur zur Verfügung gestellt, um das Wissenskapital der Unternehmen als Hauptanforderung der Industrie sichern zu können.

Am Ende der Arbeit wurde die Anwendbarkeit des Systems an konkreten Beispielen aus der Sicht eines erweiterten Unternehmens validiert und erläutert. Dabei wurde die Abbildbarkeit der Unternehmensstruktur verifiziert und die Aufgabe und Verteilung der Rollen illustriert. Am konkreten Beispiel der Entwicklung einer gewichtsreduzierten Nockenwelle für den Antriebsstrang eines bestimmten PKW-Modells wurde die Unterstützung des Konstruktionsprozesses durch die Methodik dargelegt. Teile des Ansatzes konnten bereits in industriellen Anwendungsszenarien erprobt und validiert werden.

In dieser Arbeit wurde eine umfassende Methodik und Spezifikation zur Integration von Produktwissensmanagement in erweiterte Unternehmen entwickelt. Dazu wurden neben der Definition der Hauptbegrifflichkeiten und eines konzeptumfassenden Metamodells drei verschiedene Partialmodelle in den Bereichen Wissensmanagement, Produktspezifikation und Spezifikation des erweiterten Unternehmens entwickelt und beschrieben.

Damit wurde die Grundlage für den industriell anwendbaren, unternehmensübergreifenden Einsatz von Wissensmanagement in erweiterte Unternehmen gelegt. Die potenziellen Einsatzmöglichkeiten gehen bei weitem über den im konkreten Beispiel vorgestellten Konstruktionsprozess hinaus.

A. Literatur

- [Ande 1995] Anderson, J.R.: *Kognitive Psychologie*. Spektrum Akademischer Verlag, 2nd. Edition, 1995
- [BeBe 2001] Bennet, D., Bennet, A.: *The Rise of Knowledge Organisation, The Catalyst for Electronic Government*, Wien, VA: Management Concepts 2001
- [BeMS 1998] Bernus, P., Mertins, K., Schmidt, G.: *Handbook on architectures of information systems*, Springer Verlag, 1998
- [Blac 1995] Blackler, F.: *Knowledge, Knowledge Work and Organizations: An Overview of Interpretation*, Organization Studies, 16, 1995
- [BoGu 1996] Boley, H., Guarino, N.: *Workshop on Product Knowledge Sharing for Integrated Enterprises*, Proceedings of the First International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management, Basel, 1996
- [BrJT] 2001] Brazier, F.M.T. , Jonker, C.M. , Treur, J. , Wijngaards, N.J.E. *Deliberate Evolution in Multi-Agent Systems* In: *Dynamics and Management of Reasoning Processes*, (ed. D. Gabbay and Ph. Smets), Series in Defeasible Reasoning and Uncertainty Management Systems, Vol. 6, pp. 363 – 380, 2001
- [Brod 2002] Brodersen, M. (Hrsg.): *Schwerpunkt „Wissensmanagement“* , in Splitter, IT Nachrichten für die Berliner Verwaltung 3, 2002
- [ByCZ 1992] Byrd, Cossick and Zmud: *A Synthesis of Research on Requirements Analysis and Knowledge Acquisition Techniques*, MIA Quarterly, 1992
- [CoGo 1999] Cole-Gomolski, B.: *Knowledge Managers Need Business Savvy*, Computerworld, S.40 ff, Januar 1999
- [Conw 2002] Conway, S.: *Knowledge Searching and Services*, Handbook on Knowledge Management –2, Knowledge Directions, Springer, 2002
- [Cook 1994] Cooke, N.: *Varieties of Knowledge Acquisition Techniques*, International Journal of Human-Computer Studies 41, 1994
- [Daen 1976] Daenzer, W.: *Systems Engineering*, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1976

- [DaHu 1997] Daenzer, W.F. & Huber, F.: *Systems Engineering – Methodik und Praxis*, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1997
- [Dede 2001] Dederichs, J.: Wissensmanagement – Chancen und Herausforderungen für KMU, 3. IuK Tage M-V, Rostock, 13.-15. Juni 2001
- [DiPO 1997] Dietz, P., Penschke, S., Ort, A.: *Strategies for Product Knowledge Management and Feedback to Design – Application Examples*, Workshop Product Knowledge Sharing and Integration, 17.-18.4.1997 Sophia Antipolis
- [DüGH 1999] Düsing, C., Goltz, M., Heimannsfeld, K.: *SEDRES-2 Systems Engineering Data Representation and Exchange Standardisation –2*, Institutsmitteilungen des Instituts für Maschinenwesen Nr. 24, pp 85-88, Clausthal, 1999
- [DüKa 2002] Düsing, C., Kamel, N.: *PRIME – Produktwissensmanagement in fertigen Unternehmen*, Institutsmitteilungen des Instituts für Maschinenwesen Nr. 27, pp 55-58, Clausthal, 2002
- [Duff 1998] Duffy, D.: *Knowledge Champions: What does it take to be a successful CKO?*, London Business School Report, 1998
- [EcJo 2003] Eckert, R., Johansson, G.: Experiences from the use and development of ISO 10303-AP233 Interfaces in the Systems Engineering Domain, Proceedings of the 9th International Conference on Concurrent Enterprising, Espoo, Finland, 2003
- [Ecss 1996] ECSS: Space Engineering – System Engineering, European Cooperation for Space Standardisation, 1996
- [EIA 1998] EIA Standard: *Processes for Engineering a System*, Electronic Industries Alliance, 1998
- [EIA 1999] EIA Standard: *National Consensus Standard for Configuration Management*, Electronic Industries Alliance, 1999
- [Elia 2003] Eliasmith, C. (Editor): *Dictionary of Philosophy of Mind*, Philosophy – Neuroscience – Psychology Program, Washington University in St. Louis, <http://www.artsci.wustl.edu/~philos/MindDict>, 2003
- [Garz 2001] Garzke, M.: *Auslegung innenhochdruckgefüßter Pressverbindungen unter Drehmomentbelastung*, Dissertation, Technische Universität Clausthal, 2001
- [Gebh 1996] Gebhardt, Andreas: *Rapid Prototyping*, Carl Hanser Verlag, 1996

- [GiKM 2003] P. Giorgini, M. Kolp, and J. Mylopoulos., *Multi-Agent Systems as Organizational Structures*, International Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (JAAMAS), Kluwer, 2003.
- [GöRu 1998] Götz, R. and Rupp, C.: *Regelwerk – Natürliche Methode*. Technical Report Version 1.4, SOPHIST GmbH, <http://www.sophist.de/>, 1998
- [Groß 2001] Große, A.: *Interdisziplinäre Werkstoffauswahl durch Aufbau eines Material Data Mart*. Dissertation, Institut für Maschinenwesen, Clausthal , 2001
- [Grub 1993] Gruber, T. R.: *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications*, Knowledge Acquisition, 5(2), 1993.
- [GuTa 1994] Guida, G. and Tasso, C.: *Design and Development of Knowledge-Based Systems from Life Cycle to Methodology*, J.Wiley & Sons , Chichester, 1994
- [HaCh 1993] Hammer, M., Champy, J.: *Reengineering the Corporation*, New York, Harper-Collins Publisher, 1993
- [Heim 2000] Heimannsfeld, K.: *Modellbasierte Anforderungen in der Produkt- und Systementwicklung*, Dissertation TU Clausthal, 2000
- [HeJu 1998] Heimannsfeld, K., Judith, M.: *KARE – Knowledge Acquisition and Sharing for Requirements Engineering*, Institutsmitteilungen des Instituts für Maschinenwesen Nr. 23, pp 79-82, Clausthal, 1998
- [Herz 2004] Herzog, E.: *An approach to Systems Engineering tool data representation and exchange*, Dissertation University of Linköping, Schweden, 2004
- [Hess 2002] Hesse, W.: *Ontologie(n)*, aus Informatik Spektrum, S. 477- 480, Springer-Verlag Heidelberg, 2002
- [IEEE 1995] IEEE 1220: *IEEE Trial-Use Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process*, IEEE Computer Society Press, 1995
- [ISO 2000] ISO/WD 10303-233: *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 233: Application protocol: System engineering data representation*, International Standardisation Organisation, WD4 der ISO TC 184/SC4/WG 3
- [John 2000] Johnson, J.: *The latest developments in design data exchange towards fully integrated aerospace design environments*, presented at 22nd International Congress of Aeronautical Sciences, 27

- August - 1 September 2000, Harrogate, UK.
- [Kemm 1999] Kemmerer, S. J.: *STEP – The Grand Experience*; National Institute of Standards and Technology Special Publication, 1999
- [Kies 1999] Kieser, A.: *Max Webers Analyse der Bürokratie*, Organisationstheorien, S. 39-64, herausgegeben von A. Kieser. Stuttgart 1999.
- [King 1994] Kingston, J.: *Linking Knowledge Acquisition with CommonKADS Knowledge Representation*, Research and Development in Expert Systems XI, SGES Publications, 1994
- [Klei 1994] Kleinsorge, Peter: *Geschäftsprozesse*, in Handbuch Qualitätsmanagement, S.49-64, Hanser Verlag, München, 1994.
- [KoSo 1998] Kotonya, G., Sommerville, G.: *Requirements Engineering: Processes and Techniques*, John Wiley & Sons, Chichester, 1998
- [Kreb 2002] Krebs, Jan: *WorkflowMetamodelle – Der Lösungsbeitrag von Metamodellen für die Anpassungsfähigkeit und Interoperabilität von Workflow-Management-Systemen*, Vortrag am Institut für Informatik, Universität Zürich, 2002
- [Loeu 2001] Loeuillet, J.L.: *KARE Validation Report*, vertraulicher Bericht des KARE Projektes, 2001
- [Maca 1996] Macaulay, L.A.: *Requirements Engineering*, Springer Verlag London, 1996
- [Mark 1999] Markon, M.: *Oracle Metalink 2.0 – Support ganz einfach und schnell über das Internet*; Proceedings of the 12. Jahrestagung der DOAG, DOAG 1999
- [Masi 1994] Masing, W.(hrsg.): *Handbuch Qualitätsmanagement 3. Auflage*, Carl Hanser Verlag, München, 1994
- [McSt 2002] McKeen, J. D. and Staples, S.: *Knowledge Managers. Who they are and what they do*. published in : Handbook on Knowledge Management 1 – Knowledge Matters, Springer, 2002
- [MiMo 1996] Miles, J., Moore, C., *Practical Knowledge Based Systems in Conceptual Design*, Springer Verlag, 1996
- [Nasa 1995] NASA: *Systems Engineering Handbook*, National Aeronautics and Space Administration, 1995
- [OMG 2003] OMG: *UML resource page*, <http://www.omg.org/uml/> , 2003
- [PaBe 1998] Pahl, G., Beitz, W.: *Engineering Design. A systematic Approach*, Springer Verlag, 1998

- [Pens 1998] Penschke, S.: *Erfahrungswissen in der Produktentwicklung – Erfassung und Aufbereitung prozeßorientierter Informationen in Konstruktionsprojekten*, VDI Verlag, Düsseldorf, 1998
- [Plun 2001] Plunkett, P., T. (Editor): *Managing Knowledge@Work*, Information paper of the U.S. General Services Administration, 2001
- [Pohl 1956] Pohl, E. J.: *Das Gesicht des Bruches metallischer Werkstoffe*, Karl Thiernig, Graphische Kunstanstalt und Buchdruckerei KG, München, 1956
- [Pola 1983] Polanyi, M.: *The Tacit Dimension*. New York, Peter Smith Publisher Inc., 1983 (Deutsche Übersetzung: Frankfurt am Main, Suhrkamp, 1985).
- [Prim 2003] PRIME: *Product Integrated Knowledge Management for the Extended Enterprise Workbook*, offizielles Deliverable des EU Projektes PRIME - GROWTH GRD1-2001-40408, 2003
- [Prim 2004] PRIME: *Product Integrated Knowledge Management for the Extended Enterprise – Business Cases*, offizielles Deliverable des EU Projektes PRIME - GROWTH GRD1-2001-40408, 2004
- [Pfaf 2003] Pfaffmann, E.: *Die Kooperation von Zulieferern und Endherstellern in der automobilen Produktentwicklung: das smart-Projekt*, aus: Das innovative Unternehmen, Kapitel 11.09, Digitale Fachbibliothek, Symposium Publishing, Düsseldorf, 2003
- [Riem 2004] Riempp, G.: *Integrierte Wissensmanagementsysteme – Architektur und praktische Anwendung*, Springer Verlag, Berlin, 2004
- [RoBE 1975] Roth, K., Birkhofer, H., Ersoy, M.: *Methodisches Konstruieren neuer Sicherheitsschlösser*, VDI-Zeitung 117, Seiten 613-618, VDI-Verlag, 1975.
- [Rugg 1998] Ruggles, R.: *The State of the Notion: Knowledge Management in Practice*, California Management Review, 40, 3, pp 80-89, 1998
- [Schö 1999] Schöttner, J.: *Produktdatenmanagement in der Fertigungsindustrie. Prinzip – Konzepte – Strategien*. München, Wien, Carl Hanser Verlag, 1999
- [Schw 2004] Schwill, A.: *Fundamentale Ideen der Informatik*, Aufsatz, Universität Oldenburg, 2004
- [Stew 1998] Stewart, T.A.: *Is this job really necessary?*, Fortune, January 1998, Seiten 154-155, 1998

- [Swan 2002] Swan, Jacky: *Knowledge Management in Action?* in Handbook on Knowledge Management 1, Seiten 271-296, Springer Verlag, 2002
- [SzAn 1999] Szegheo, O., Andersen, B.: *Modeling the Extended Enterprise: A Comparison of Different Modeling Approaches*, Proceedings from the International Enterprise Modelling Conference 1999, Verdalen, Norway, 1999
- [Teec 2002] Teece, D. J.: *Knowledge and Competence as Strategic Assets*, in Handbook on Knowledge Management 1, Seiten 129-152, Springer Verlag, 2002
- [Thys 2003] Thyssen-Krupp: *Fachpressemappe zur 60. IAA*, Thyssen Krupp, 2003
- [Uni 2000] UNI: *Geistiges Kapital - Der Mensch im Mittelpunkt in der Wirtschaft des Informationszeitalters*, UNI-Weltkonferenz für die Fach- und Führungskräfte, Singapur, August 2000
- [VDI 1993] VDI Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Düsseldorf, VDI Verlag, 1993
- [VDI 1995] VDI, *Wissensverarbeitung in Entwicklung und Konstruktion – Nutzen und neue Chancen*, VDI Verlag, 1995
- [Volp 2001] Volpeliere, A.: *KARE Scenario #1 Validation Report*, vertraulicher Bericht des KARE Projektes, 2001
- [WoFo 1993] Wood, L., Ford, K.: *Structuring Interviews with Experts during Knowledge Elicitation*, International Journal of Intelligent Systems: Special Issue of Knowledge Acquisition part 8, 1993
- [Züst 1997] Züst, R.: *Einstieg ins Systems Engineering*, Orell Füssli Verlag, Zürich, 1997

B. Liste der Abkürzungen

AP233	A pplication P rotocol 233
ATV	A utomated T ransfer V ehicle
BPR	B usiness P rocess R eengineering
CAD	C omputer A ided D esign
CAM	C omputer A ided M anufacturing
CAP	C omputer A ided P laning
CAQ	C omputer A ided Q uality Assurance
CDI	C ommon Rail D irect I njection
EDV	E lektronische D aten v erarbeitung
EIA	E lectronic I ndustries A lliance
ERP	E nterprise R essource P lanning
FEM	F inite E lemente M ethode
HTML	H ypertext M arkup L anguage
IAA	I nsurance A pplication A rchitecture
IAO	Fraunhofer Institut für A rbeit und O rganisation
IEEE	I nstitute of E lectrical and E lectronics E ngineers
IHF	I nnen h ochdruck f ügen
IPR	I ntellectual P roperty R ights
ISO	I nternational S tandardisation O rganisation
ISS	I nternational S pace S tation
KE	K nowledge E ngineering
KM	K nowledge M anagement
LDAP	L ightweight D irectory A ccess P rotocol
MCC	M icro C ompact C ar
ODP	O pen D istributed P rocessing
OMA	O bject M anagement A rchitecture
OMG	O bject M anagement G roup

PAS	P ublicly A vailable S pecification
PDA	P ersonal D igital A ssistant
PDM	P roduct D ata M anagement
PDF	P ortable D ocument F ormat
PLM	P roduct L ifecycle M anagement
STEP	S tandard for the E xchange of P roduct Model Data
UML	U nified M odelling L anguage
VDI	V erein D eutscher I ngenieure
VR	V irtual R eality
WMS	W issens m anagement s ystem
XML	eX tensible M arkup L anguage
XSLT	eX tensible S tylesheet L anguage T ransformations

C. Abbildungsverzeichnis

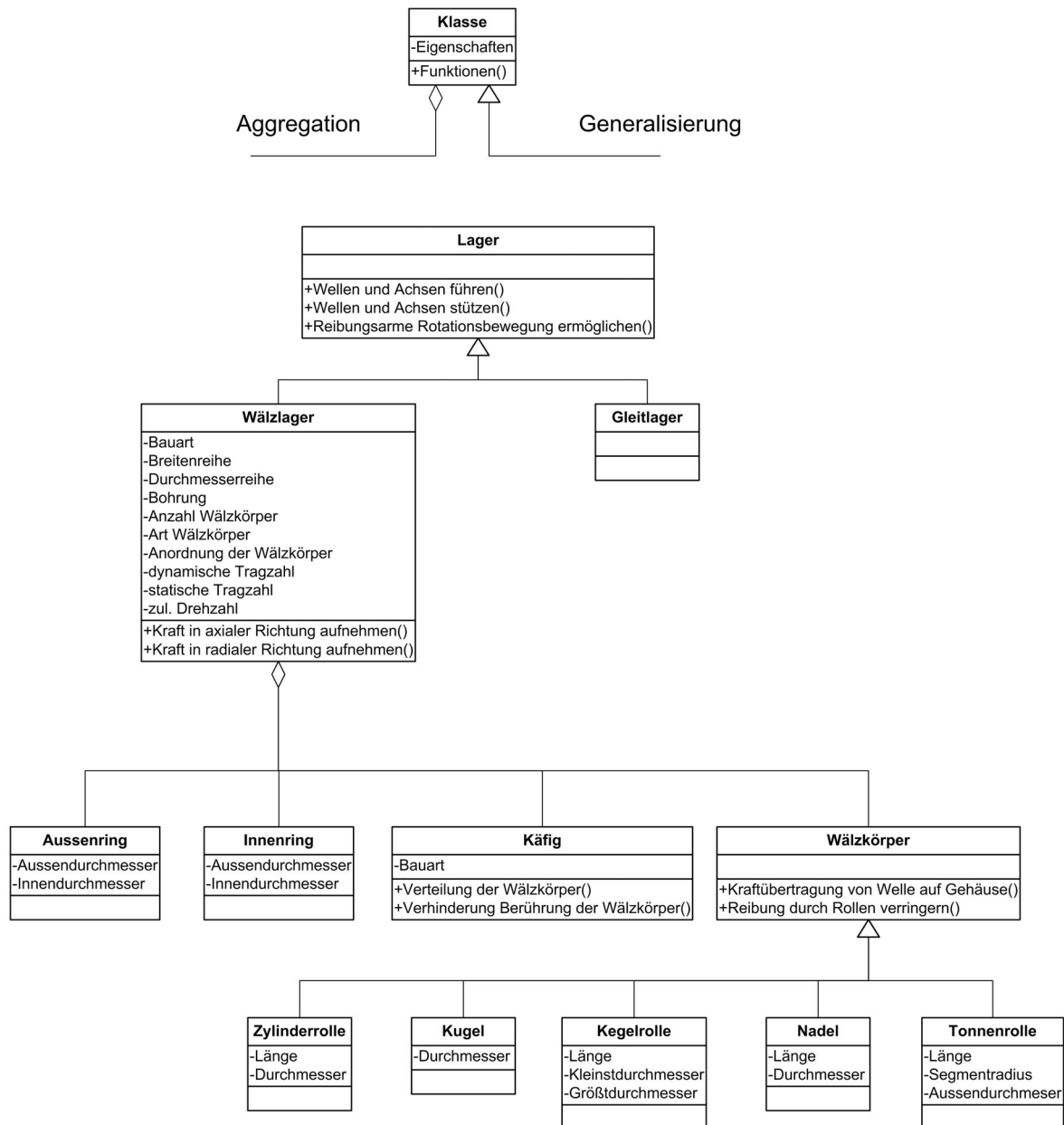
Bild 1.1: Produktwissen und determinierte Kosten in Abhängigkeit vom Produktlebenszyklus (nach [DiPO 1997]).....	3
Bild 1.2: Wertschöpfungsgewinnung aus dem Wissenskapital (aus [Teec 2002]).	5
Bild 1.3: Beispiel für Schwerpunkte des Wissensmanagementeinsatzes, nach [Dede 2001].....	7
Bild 1.4: Rechnergestützte Werkzeuge des Produktentstehungsprozesses, nach [Schö 1999].....	9
Bild 2.1: Systemtechnische Problemlösung nach [VDI 1993].....	16
Bild 2.2: Vorgehensweise beim Entwickeln und Konstruieren, nach [VDI 1993] .	17
Bild 2.3: Architektur eines Systems (nach [Nasa 1995]).....	21
Bild 2.4: Vorgehensweise des Systems Engineering (nach [EIA 1998]).....	24
Bild 2.5: Übersicht über die Wissensmanagementprozesse.....	31
Bild 2.6: Integration von Wissensmanagement in den Konstruktionsprozess.....	38
Bild 3.1: Produktwissensmanagementpyramide.....	42
Bild 3.2: Definition von Wissen	44
Bild 3.3: Exzenterwelle eines Brechers, im Dauerbruch zerstört. A=Anriss, D=Dauerbruch, R=Rastlinien, G=gewaltsamer Restbruch, aus [Pohl 1956] .	49
Bild 3.4: Das Produktwissensmetamodell.....	52
Bild 3.5: Verbindung der Partialmodelle im Metamodell über Schlüsselobjekte ..	53
Bild 4.1: Übersicht über das Wissensmanagementmodell	55
Bild 4.2: Übersicht über das Geschäftsprozessmodell	58
Bild 4.3: Die Rollen des Wissensmanagementansatzes	62
Bild 4.4: Rollenhierarchie der Wissensmanagementrollen	63
Bild 4.5: Rolle des Hauptwissensmanagers	65
Bild 4.6: Rolle des Wissensmanagers	69
Bild 4.7: Rolle des Wissensingenieurs	73
Bild 4.8: Rolle des Experten	83
Bild 4.9: Wissenseingabe durch den Experten	84
Bild 4.10: Rolle des Benutzers	87

Bild 4.11: Schematische Darstellung der drei-axialen, visuellen Navigation	91
Bild 4.12: Übersicht über die Erstellung von Evaluationsreports	93
Bild 4.13: Übersicht über die Produktengineeringaktivitäten.....	96
Bild 5.1: Übersicht über das Produktbeschreibungsmodell.....	105
Bild 5.2: Komposition des Produktes	107
Bild 5.3: Physikalische Architektur	109
Bild 5.4: Produkteigenschaften	110
Bild 5.5: Anforderungsklassen	110
Bild 5.6: Funktionsstruktur	112
Bild 5.7: Verhalten- und Automatenstruktur	113
Bild 5.8: Übersicht über die Unterstützungsinformationen des Produktbeschreibungsmodells	114
Bild 5.9: Klassifizierungsstruktur	115
Bild 5.10: Rechtfertigungsinformationen	116
Bild 5.11: Beurteilungsinformationen	116
Bild 5.12: Prioritisierungsinformationen	117
Bild 5.13: Konstrukt der Konfigurationsmanagementinformationen	118
Bild 5.14: Produktlebenszyklusinformationen	119
Bild 5.15: Wissensinformationsobjekte	120
Bild 6.1: Modell des erweiterten Unternehmens	127
Bild 7.1: Einführung des Produktwissensmanagementkonzeptes.....	136
Bild 7.2: Architektur des entwickelten Wissensmanagementsystems.....	137
Bild 7.3: Das erweiterte Unternehmen MCC AG am vereinfachten Beispiel.....	139
Bild 7.4: Beispiel der Abbildung der strategischen Prioritäten im Modell	141
Bild 7.5: Workflow Administration	143
Bild 7.6: Initiale Instanziierung der Produkthierarchie	144
Bild 7.7: Beispiele verschiedener Wissensklassen	145
Bild 7.8: Beispiel der Produktlebenszyklusdefinition des smart	146
Bild 7.9: Workflow der Erfassung von Wissen	147
Bild 7.10: Beispiel für ein informales, textuelles Wissensobjekt.....	148

Bild 7.11: Torsionsbeanspruchte, innenhochdruckgefügte Welle-Nabe-Verbindung	149
Bild 7.12: Beispiel eines quasiformalen Wissensobjektes	150
Bild 7.13: Ansicht des rotationssymmetrischen FEM-Modells (aus [Garz 2001])	150
Bild 7.14: Beispiel eines formalen Wissensobjektes.....	151
Bild 7.15: Workflow der Wissensformalisierungsprozesse	153
Bild 7.16: Workflow der Benutzung im Vergleich mit der Konstruktionsmethodik	156
Bild 7.17: Beispielhafte Suchkriterien für eine Abfrage der Wissensdatenbank.	157
Bild 7.18: Auszug aus den Suchergebnissen	158
Bild 7.19: Funktionsanalyse einer Nockenwelle	160
Bild 7.20: Parameteruntersuchung für die IHF-gefügte Nockenwelle	160
Bild 7.21: Exemplarische Parameterauswahl zur Evaluierung	162
Bild 7.22: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Evaluierungsabfrage (aus [Garz 2001])	162
Bild 7.23: Beurteilung eines Evaluierungsergebnisses	163

D. UML Kurzreferenz am Beispiel

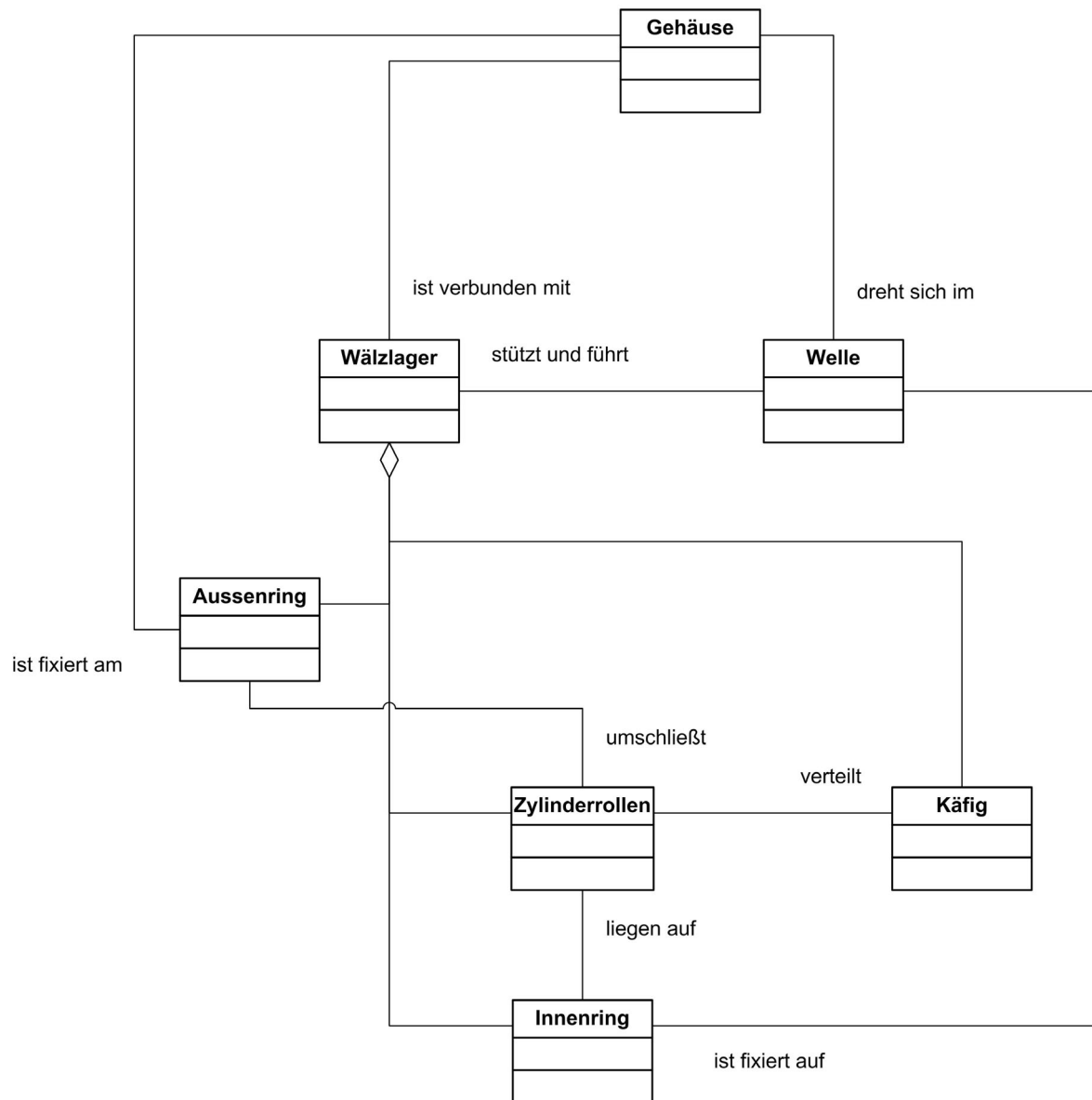
UML: Struktur



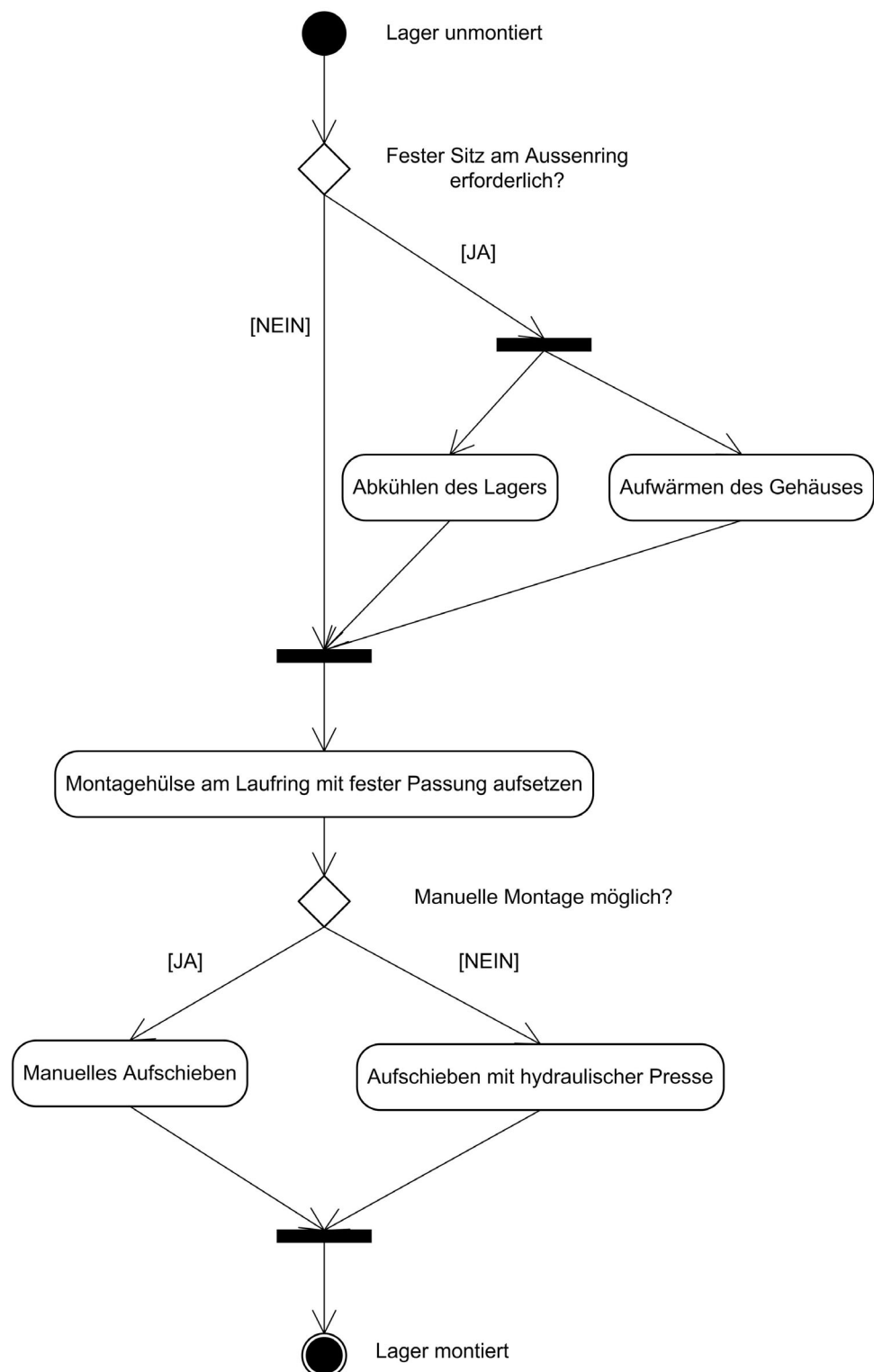
Beispiel:
einreihiges
Zylinderrollenlager

FAG NJ2316E : Wälzlager
Bauart = NJ
Breitenreihe = 2
Durchmesserreihe = 3
Bohrung = 80
Anzahl Wälzkörper = 13
Art Wälzkörper = Zylinderrolle
Anordnung der Wälzkörper = einreihig
dynamische Tragzahl = 355
statische Tragzahl = 425
zul. Drehzahl = 3800

UML: Verbindungen



UML: Aktivitäten



E. Abbildungen des Prototypen

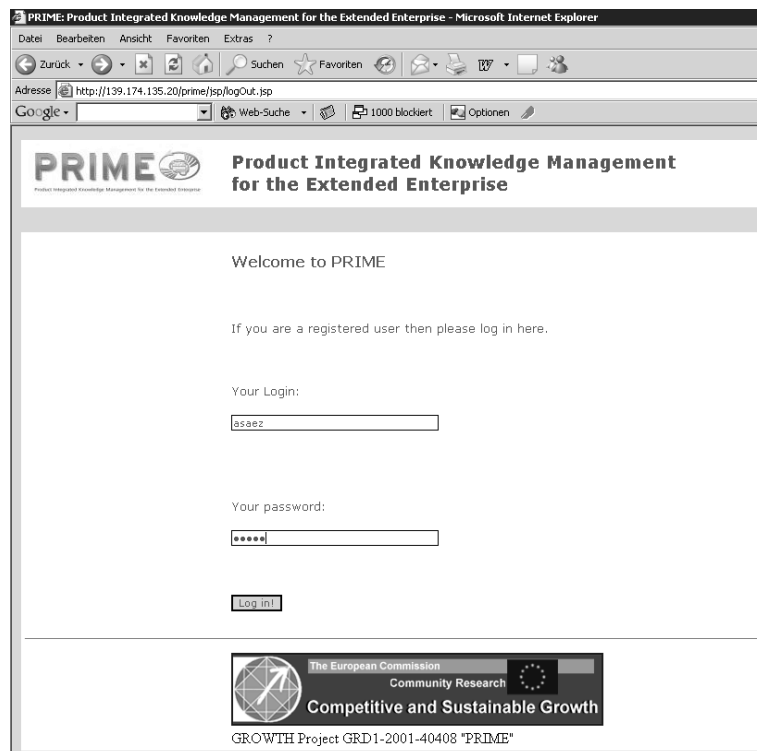


Abbildung 1: Anmeldung am System

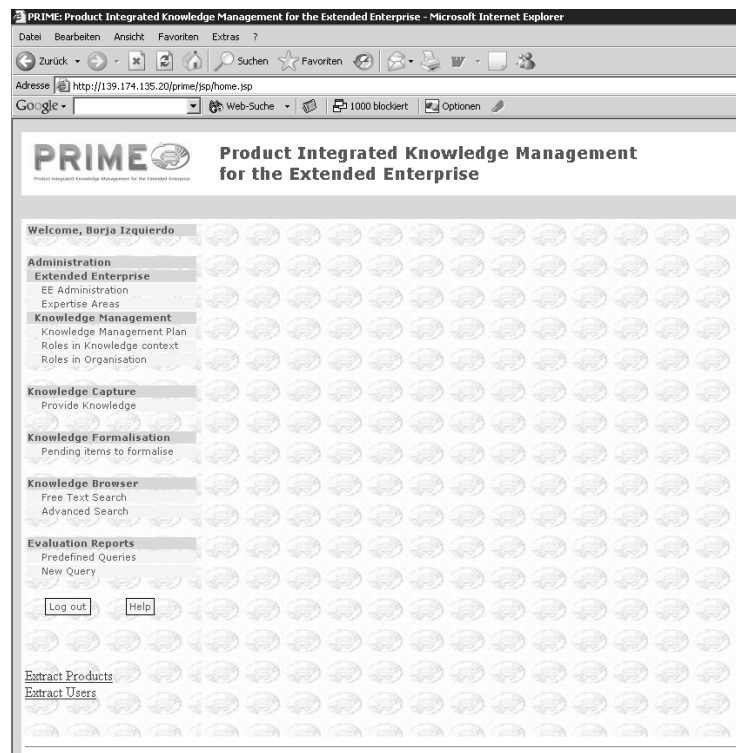


Abbildung 2: Oberfläche des Wissensmanagers

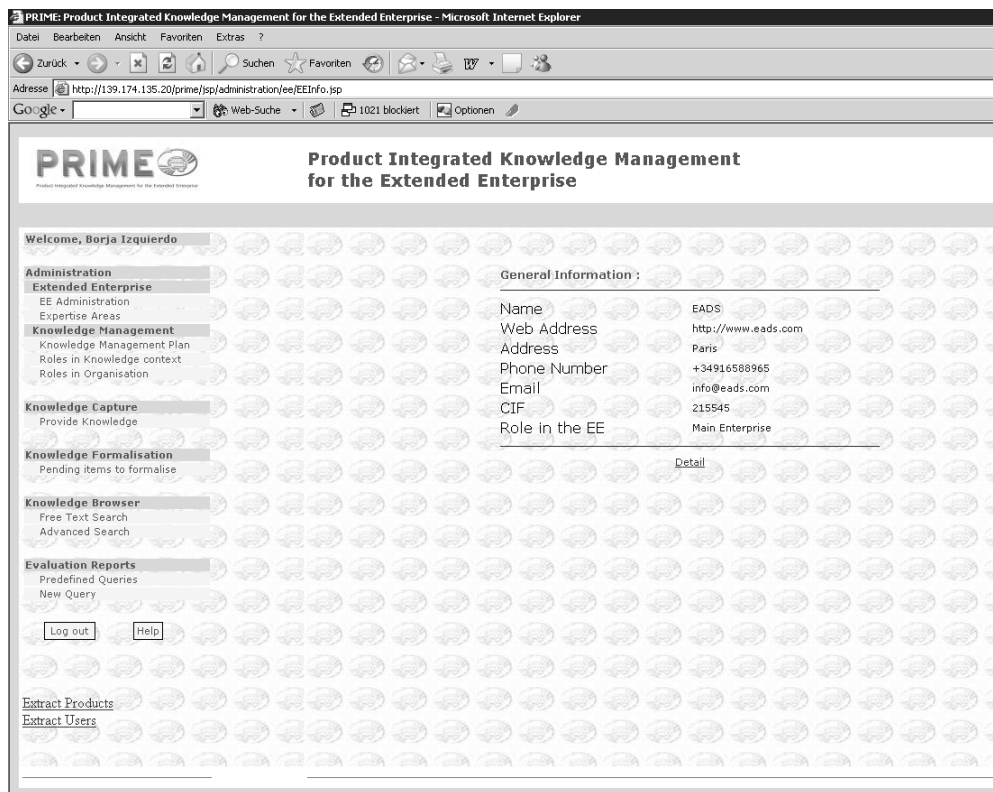


Abbildung 3: Definition des erweiterten Unternehmens

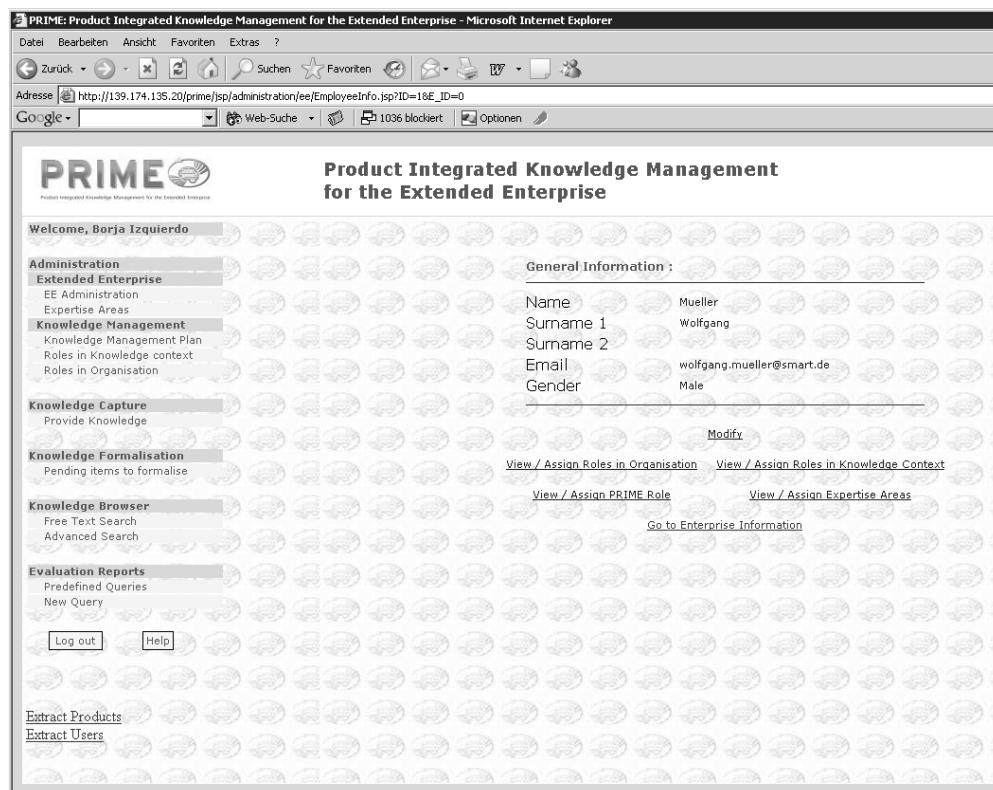


Abbildung 4: Zuordnung von Rollen zu Benutzern

Abbildung 5: Festlegung und Definieren von Suchoperationen

PLC State	Knowledge Type	Output Format
Analysis	Requirement Document	PDF
Design	CAD Model	HTML
Development	Java Beans	Text

Abbildung 6: Benutzung vordefinierter Suchoperationen

The screenshot shows the PRIME web application interface in a Microsoft Internet Explorer browser. The address bar displays the URL: `http://forosrv2.atosorigin.es/prime/jsp/elicitacion/CaptureWizard.jsp`. The page title is "PRIME Product Integrated Knowledge Management for the Extended Enterprise". The left sidebar contains a navigation menu with sections: Administration (Extended Enterprise, EE Administration, Expertise Areas), Knowledge Management (Knowledge Management Plan, Roles in Knowledge context, Roles in Organisation), Knowledge Capture (Provide Knowledge), Knowledge Formalisation (Pending items to formalise), Knowledge Browser (Free Text Search, Advanced Search), and Evaluation Reports (Predefined Queries, New Query). The main content area is titled "Provide knowledge item:". It includes a "Product:" dropdown menu set to "car", a "PLC Phase:" text box with "Early Design", and a "Knowledge Type:" dropdown menu set to "Anforderungen". Below these is a "Text:" text area containing the German text: "Das Auto soll eine Höchstgeschwindigkeit von mindestens 130 km/h fahren." There is also an "Informal file:" text box and a "Durchsuchen..." button. At the bottom of the form are "Cancel", "Accept", and "Use a connector" buttons. The background of the page features a repeating pattern of small brain icons.

Abbildung 7: Eingabe informaler Wissenobjekte

The screenshot shows the PRIME web application interface in a Microsoft Internet Explorer browser. The address bar displays the URL: `http://forosrv2.atosorigin.es/prime/jsp/elicitacion/DefineVisibility.jsp`. The page title is "PRIME Product Integrated Knowledge Management for the Extended Enterprise". The left sidebar is identical to the previous screenshot. The main content area is titled "You want this item to be visible for:". It contains a list of seven checkboxes with corresponding labels: "Everybody in the extended enterprise" (checked), "Everybody in my company", "Everybody in some units of my company", "Some people in my company", "Everybody in some other companies", "Everybody in some units in other companies", and "Some people in other companies". At the bottom of the form are "Cancel" and "Next" buttons. The background of the page features a repeating pattern of small brain icons.

Abbildung 8: Zuweisen von Zugriffsrechten

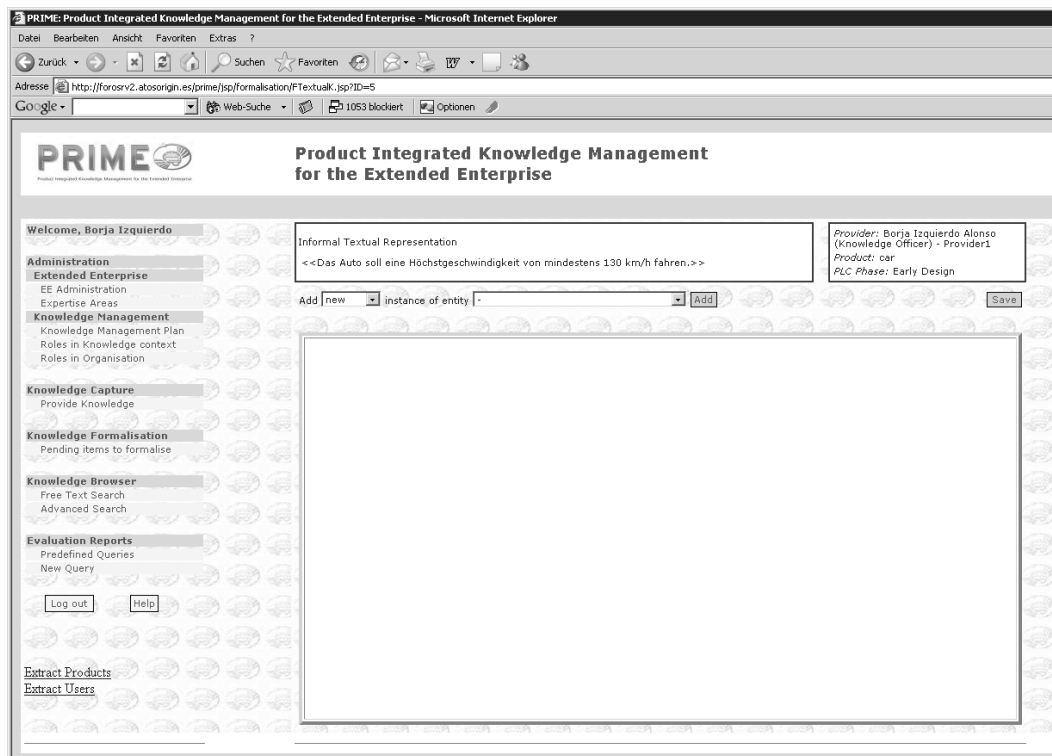


Abbildung 9: Formalisierungsoberfläche

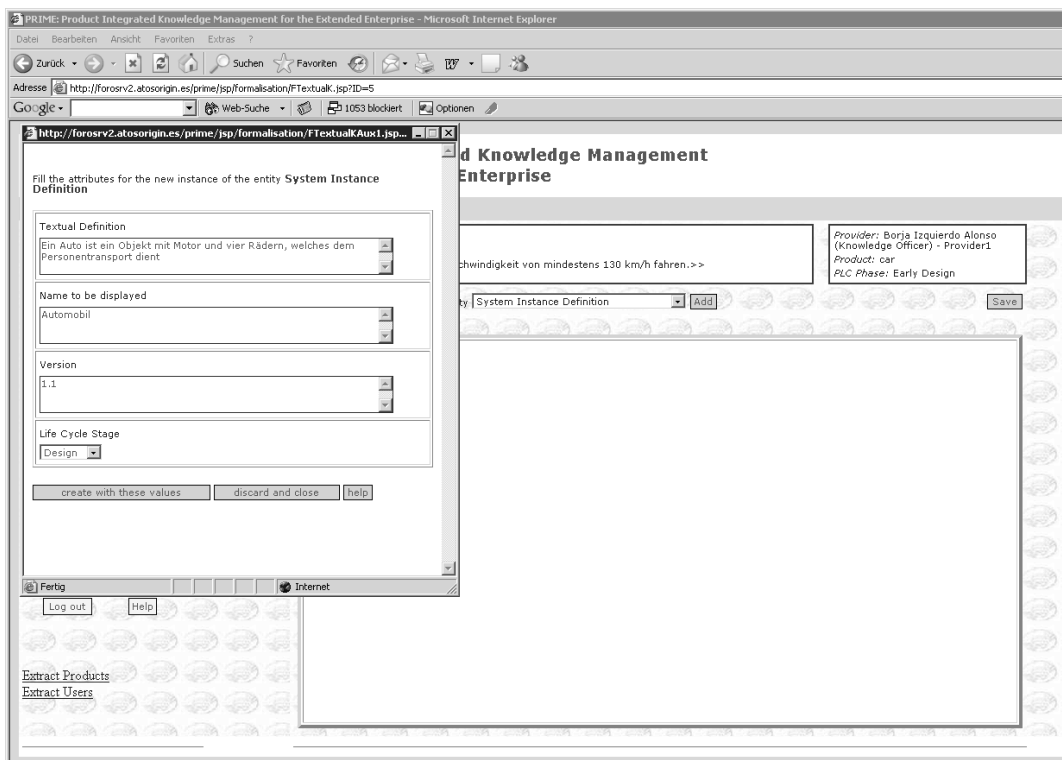


Abbildung 10: Anlegen von Instanzen im Formalisierungsprozess

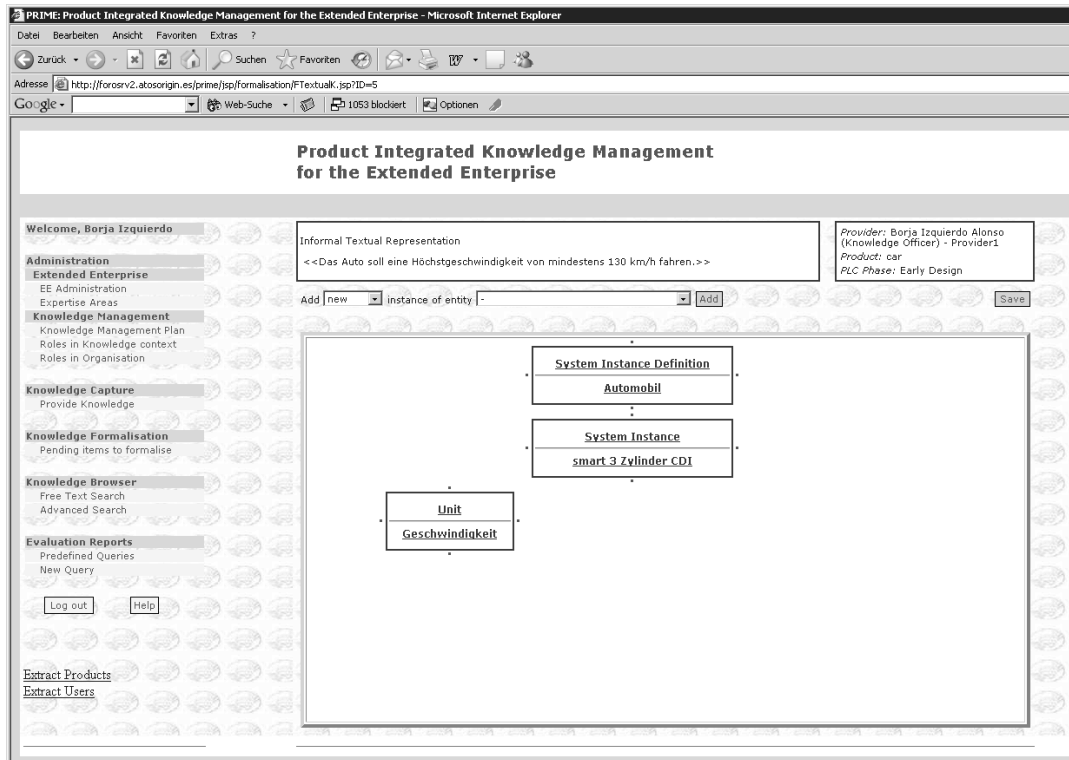


Abbildung 11: teilformalisierte Anforderung

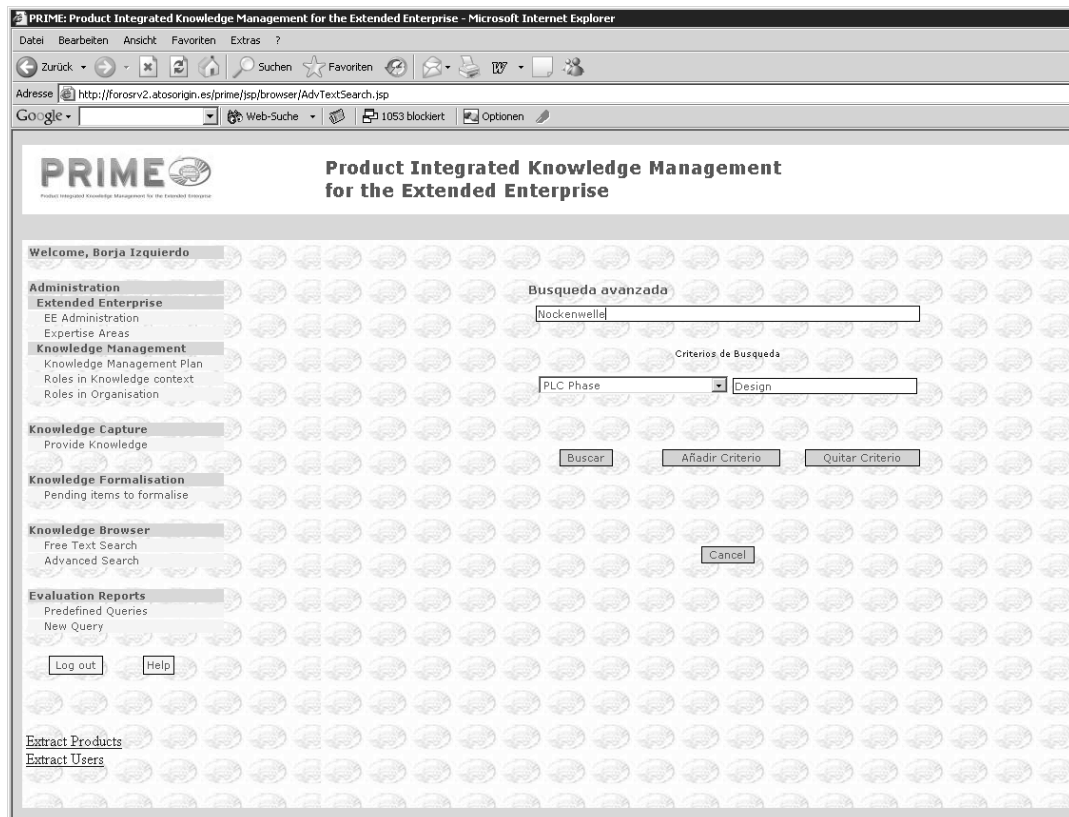


Abbildung 12: Erweiterte Suche